

300627

9  
24



# UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA  
Incorporada a la U.N.A.M.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

"APLICACION DE ALMIDONES MODIFICADOS  
EN EMBUTIDOS CARNICOS TIPO SALCHICHA"

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**QUIMICO FARMACEUTICO BILOGO**

P R E S E N T A :

SILVIA PATRICIA GARCIA CARPIO

MEXICO, D. F. A 30 DE ABRIL DE 1990



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.

## INDICE

I. OBJETIVO .....	pg 1
II. INTRODUCCION .....	pg 2
III. GENERALIDADES	
2.1 CAPITULO 1 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL ALMIDON.....	pg 5
2.2 CAPITULO 2 TECNICAS DE MODIFICACION DE ALMIDONES.....	pg 17
2.3 CAPITULO 3 TECNOLOGIA PARA FABRICAR EMULSIONES.....	pg 28
IV. PROCEDIMIENTO, MATERIAL Y METODOS DE ANALISIS.....	pg 36
V. RESULTADOS, DISCUSIONES Y CONCLUSIONES.....	pg 48
VI. ANEXOS .....	pg 56
VII. ABREVIATURAS .....	pg 73
VIII. BIBLIOGRAFIA .....	pg 74

## 1. OBJETIVO

El objeto del presente trabajo es el de evaluar el comportamiento de diferentes tipos de almidones emulsionados como agentes ligadores en la elaboración de salchichas, con el fin de disminuir el tiempo de cocimiento en el procesamiento de salchichas, mejorar las características sensoriales de estas y aumentar su retención de agua. Como último se evaluará la aceptación que tiene cada uno de los diferentes tipos de salchichas.

## II INTRODUCCION

El almidón en su forma nativa es producido comercialmente por extracción de semillas de plantas como el maíz, trigo, sorgo y arroz, tubérculos o raíces.

El almidón se encuentra depositado en la planta en forma de granulos diminutos insolubles en agua fría. El diametro de los granulos varia de 3 a 100 micras, dependiendo de su fuente de origen. La cual influye en la forma de estos.

Químicamente el almidón es un carbohidrato, un polímero que varia en su tamaño molecular. La principal unidad monomérica es la alfa-(1,4)-D-glucosa. El enlace que predomina es el glucosídico alfa (1,4).

El almidón se compone de dos tipos de polímeros, uno lineal conocido como amilosa y otro ramificado conocido como amilopectina. Ambos son polímeros formados por unidades de anhidroglucosa y difieren uno de otro en tamaño, estructura y la forma en que se unen sus unidades monómeras.

La amilosa es un polímero en donde las unidades de D-glucosa condensadas se presentan como anillos de piranosa unidos en alfa (1,4), así pues, la unidad de disacárido que se repite es la amilosa.

Se supone que la fracción amilosa del almidón es completamente lineal, aunque, de hecho se han aislado pequeñas cantidades de un glucano poco ramificado junto con la amilosa. El peso molecular de la amilosa varia según su origen botánico, el cuidado puesto en su aislamiento y el método utilizado. Se calcula que los valores validos para la amilosa son de 1.1 a 1.9 millones de daltones.

La amilopectina, que es el otro polímero que constituye al almidón, tiene una estructura altamente ramificada. Cada ramificación contiene aproximadamente de 15 a 25 unidades de anhidroglucosa interconectadas por medio de enlaces alfa (1,4), y las ramas están unidas al tronco central por enlaces alfa-D(1,6). Las ramificaciones se localizan aproximadamente cada 15 a 25 unidades de moléculas lineales de D-glucosa.

Es un polímero usualmente mas largo que la amilosa, el tamaño exacto no se conoce, pero algunas mediciones indican que tiene un peso molecular de millones. El tamaño y la naturaleza de las ramificaciones de la amilopectina interfieren con la movilidad de sus moléculas y su tendencia a orientarse lo más cerca posible para permitir la formación de enlaces de hidrógeno necesarios

para que ocurra la retrogradación, como resultado, las soluciones acuosas de amilopectina se caracterizan por ser claras, estables y resistentes a gelificar.

Las propiedades del almidón nativo pueden ser modificadas mediante medios físicos. Una de estas modificaciones es aquella donde los granulos son pre-cocidos para producir un almidón capaz de hincharse en agua fría. Estos almidones se conocen con el nombre de almidones pregelatinizados o pre-cocidos, e incluyen dos tipos de almidones; según el proceso al que se sujetan:

a) El secado en tambores.- Método que se lleva a cabo por alimentación acuosa de suspensiones de almidón dentro de tambores en los cuales se cuece el almidón y se evapora el agua, produciendo una hojuela seca capaz de dispersarse en agua fría.

b) El secado mediante asperción.- Este tipo de almidones se obtienen por medio de un proceso de cocción seguido de un secado por espumas.

Al considerar a los almidones como aditivos alimentarios, es fundamental tener en cuenta su naturaleza nutritiva y su calidad comestible. Un gramo de almidón es capaz de proporcionar aproximadamente cuatro calorías. Los almidones proporcionan la mayor parte de las calorías en nuestra dieta.

La adición de almidón a productos cárnicos picados, es con el fin de enlazar moléculas de agua. Sin embargo, en la práctica se ha visto que los carbohidratos no participan en el proceso de emulsificación no mejoran la capacidad de la carne para retener agua. Los carbohidratos actúan estabilizando las emulsiones cárnicas al absorber o ligar el exceso de agua, de este modo, es posible adicionar una mayor cantidad de agua que la que la emulsión cárnica por si misma puede retener.

Los granulos de almidón hinchados son susceptibles a romperse por calor o por un esfuerzo mecánico. Un almidón pregelatinizado, que consiste principalmente de granulos de almidón rotos, retiene la humedad más flojamente, lo que da lugar a gelos mas suaves, y esto a su vez contribuye para lograr una textura mas suave que la proporcionada por otros almidones no modificados.

Una emulsión se define como la mezcla de dos líquidos inmiscibles, uno de los cuales se dispersa en el otro. El líquido que forma los glóbulos pequeños se denomina fase dispersa, y aquel en el que están dispersas se denomina fase continua. El tamaño de los agregados globulares varía entre los 0.1 y los 5.0 micrones de diámetro. (3)

Las emulsiones cárnicas constituyen un sistema de dos fases, la fase dispersa está formada por partículas de grasa sólida o líquida, y la continua por agua que contiene disueltas y suspendidos sales y proteínas. Está formada por una matriz de fibras de tejido muscular conectivo o trozos de las mismas, suspendidos en un medio acuoso que contiene las proteínas solubles y otros componentes musculares solubles. Las partículas grasas esféricas, recubiertas con proteína soluble, están dispersas en la matriz.

En las emulsiones para embutidos, las proteínas disueltas en la fase acuosa actúan como agentes emulsificantes recubriendo todas las superficies de las partículas grasas dispersas. Estas proteínas solubles pueden estar formadas, tanto por las sarcoplásmicas, como por las miofibrilares. Sin embargo, estas últimas son agentes emulsificantes mucho más eficaces, y por lo tanto, contribuyen más a la estabilidad de la emulsión.

Los embutidos son productos cárnicos picados y condimentados que pueden ser también curados, ahumados, moldeados y tratados térmicamente. El grado de trituración varía mucho. Existe un tipo de embutidos donde la carne puede estar tan finamente picada, que la masa del embutido es una masa viscosa con muchas características de emulsión. Estos embutidos se llaman embutidos emulsificados, como por ejemplo las salchichas.

Según los métodos de proceso, todos los embutidos se pueden agrupar en seis categorías:

- 1) Frescos
- 2) Crudo y ahumado
- 3) Cocidos y ahumados
- 4) Cocidos
- 5) Secos o fermentados
- 6) Especialidades cárnicas cocidas

A la mayoría de los productos cárnicos procesados se les da forma en un determinado punto del proceso, para que cada uno presente un aspecto y forma uniforme y característica. Puesto que los embutidos son productos picados, deben colocarse en cierto tipo de molde o recipientes que les dé forma, que los mantenga unidos durante otras fases del proceso y que los proteja. Las tripas animales se utilizan mucho para dar forma y servir de contenedores de los embutidos. El proceso mediante el cual se introducen en las tripas los productos cárnicos se denomina embutido o relleno de la tripa. Actualmente se utilizan dos tipos de tripa dentro de la industria de los alimentos: estas son:

- 1) Tripas naturales y 2) Tripas sintéticas
- Siendo de mayor uso las segundas, por su fácil manejo, por la variedad de tamaños de que se dispone, por su mayor fuerza y por poseer cargas microbianas escasas o nulas.

### III. GENERALIDADES.

#### 2.1 CAPITULO I.

##### PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL ALMIDON.

Desde tiempos remotos los almidones han formado parte fundamental de la dieta del hombre, ya que constituyen la principal fuente de energía. Casi en todas las partes del mundo, ciertos granos de cereales, fundamentalmente arroz, trigo o maíz constituyen la fuente más importante de almidón, ya que el almidón supone el 75% de estos granos. Otros artículos alimenticios, como la raíz de Iero, patatas y algunas leguminosas, también son ricas en almidón. Gran parte del almidón se consume sin que se aisle del material vegetal en que se encuentra, pero el almidón refinado, ya sea natural o modificado, desempeña un destacado papel en la tecnología de alimentos.

Además de su empleo como nutrimento, el almidón se ha usado como adhesivo, en la elaboración del papel, en textiles y diversas industrias. (3)

El almidón posee muchas propiedades únicas, que en combinación con su carácter nutritivo, lo hacen más valioso en la modificación de productos alimenticios y en su uso como fuente de hidratos de carbono, espesante, estabilizante y como modificador de la textura.

El almidón en su forma nativa es obtenido comercialmente por extracción de semillas, plantas como el maíz, trigo, sorgo, arroz, o bien, a partir de tubérculos o raíces, y sus propiedades y características varían según su fuente de origen. (65)

La principal fuente comercial es el maíz, debido a una serie de factores como son: una cosecha abundante, mayor contenido de almidón, mejor estabilidad del grano durante su almacenamiento y facilidad de procesamiento. Debido a estos factores, el almidón de maíz es relativamente más barato. (32)

El almidón es extraído del maíz mediante un proceso de molienda húmeda, en donde los granos de maíz son colocados en agua caliente con dióxido de azufre hasta ablandarse, posteriormente se abren con el fin de remover el germen, este es presionado para extraer el aceite de maíz, y el residuo es combinado con otros productos para ser utilizado como forraje. La fibra se remueve mediante un cribado, y la mezcla de almidón-gluten en agua, se



centrífuga para separar el almidón del gluten, el cual finalmente se somete a un proceso de secado y se vende como almidón nativo.

Antes del proceso de secado, el almidón puede ser tratado para producir almidones modificados, o bien, puede ser convertido mediante una hidrólisis en jarabes, azúcares o dextrosa. (33)

#### NATURALEZA FÍSICA DE LOS GRANOS.

El almidón se encuentra depositado en la planta en forma de diminutos gránulos insoluble en agua fría. El diámetro de los gránulos varía de 3 a 100 micras dependiendo de la fuente de origen del almidón. (37)

El núcleo es un rasgo característico de los gránulos de almidón, aparece como una mancha en el gránulo y se cree que constituye el origen a partir del cual crece el gránulo. Otro rasgo característico de algunos gránulos es la presencia de estrías que en ocasiones se detectan como líneas dispuestas en forma concéntrica alrededor del núcleo. Los gránulos del almidón de papa presentan claramente estas estrías, mientras que en otros almidones no son apreciables. (36)

La observación del comportamiento del almidón en el agua, representa una técnica efectiva para identificar el origen y el tipo de almidón. (18)

Los gránulos de almidón más pequeños que se encuentran comercialmente, disponibles son los de arroz. Estos gránulos tienen un diámetro aproximado de 3-8 micrones, son de forma poligonal y tienden a agruparse en forma de racimos. (42)

El almidón de maíz y sorgo está formado por gránulos circulares y poligonales. Su diámetro promedio es de aproximadamente 15 micrones. Los gránulos del almidón del maíz tienen un diámetro que varía de 3-26 micrones. En estos gránulos, el núcleo se encuentra localizado en el centro.

Los gránulos de las variedades cerosas son similares a los del maíz y sorgo nativos, y pueden distinguirse de estos últimos por medio de una tinción con una solución diluida de iodo, en donde los gránulos de almidón provenientes del maíz y sorgo nativos adquieren una coloración azul oscuro, mientras que los provenientes de las variedades cerasas dan un color café rojizo. (27)

Los gránulos de almidón de Tapioca son ovalados y truncados en uno de los extremos. Su diámetro promedio, es de aproximadamente 20 micrones y varía dentro de un rango de 5-35 micrones, la mayoría de estos gránulos presentan el núcleo en el centro. (26)

El almidón de trigo está constituido por gránulos planos, redondos y elipsoidales. Existen dos tipos: los pequeños, cuyo diámetro varía de 2 a 10 micras y los grandes, cuyo diámetro varía entre 20 a 35 micras. (66)

El de papa está constituido por gránulos más largos, ovalados y esféricos. Su diámetro varía en un rango de 15-100 micrones. A diferencia de los gránulos de almidón de maíz y tapioca, los gránulos de papa tienen el núcleo localizado cerca de un extremo. Sus gránulos poseen estrías fácilmente detectables. (27)

#### CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS GRANULOS DE ALMIDON.

Químicamente el almidón es un hidrato de carbono, un polímero que varía en su tamaño molecular. La principal unidad monomérica es la  $\alpha$ -D-(+)-glucosa y el enlace que predomina es el enlace glucosídico  $\alpha$  (1,4).

En la mayoría de los almidones encontramos dos tipos de polímeros: amilosa y amilopectina. Ambos son polímeros formados por unidades de glucosa y difieren uno de otro en tamaño, estructura, y en la forma de unión de las unidades monómeras. (3)

La amilosa es un polímero lineal en donde todas las unidades de glucosa están enlazadas por medio de enlaces glucosídicos  $\alpha$  (1,4). Puede contener desde 300 a 2,000 unidades de  $\alpha$ -D-(+)-glucosa. Cada una de las unidades monómeras contiene un grupo hidroxilo primario y dos secundarios, a excepción de las unidades terminales. En un extremo de la molécula, la unidad de glucosa contiene tres grupos hidroxilo secundario y uno primario, a este se le conoce comúnmente como el extremo no reductor. En el otro extremo, la unidad de anhidroglucosa contiene un hidroxilo primario y dos secundarios, así como también un grupo aldehído reductor en forma de un hemiacetal interno, a este se le conoce usualmente como el extremo reductor. (18)

Los grupos hidroxilo imparten propiedades hidrofílicas al polímero, lo que conduce a una afinidad de este por la humedad y a su fácil dispersión en agua. De cualquier modo, debido a que las moléculas son lineales y contienen grupos hidroxilo, tienen la tendencia de orientarse en forma paralela una a otra y a acercarse lo más posible para permitir la asociación de un polímero con otro por medio de puentes de hidrógeno. Cuando esto

ocurre, la afinidad de la molécula por el agua se reduce, y el tamaño de la molécula aumenta hasta el punto donde puede ocurrir una precipitación a bajas concentraciones, o bien, una gelificación a altas concentraciones, siempre y cuando exista una orientación parcial debido a factores estéricos. Los geles son redes tridimensionales que se mantienen enlazados por puentes de hidrógeno en aquellas secciones donde las moléculas se encuentran alineadas muy proxiamente. A este fenómeno de asociación de moléculas de amilosa se le conoce comunmente como retrogradación. (66)

La tendencia de las dispersiones de almidón de maíz a hacerse opacas y a gelificar en frío es debido a la retrogradación de las moléculas de amilosa presentes en el almidón de maíz. El alineamiento de las moléculas de amilosa contribuye a la formación de películas fuertes y flexibles. (33)

La amilosa tiene afinidad por el yodo y por largas moléculas que contienen porciones hidrofónicas e hidrofílicas como los ácidos grasos y algunos agentes surfactantes. La interacción con yodo proporciona un color azul característico que se utiliza para determinar la presencia de amilosa en el almidón y puede también proporcionar una estimación cuantitativa. (2)

La amilopectina, que es el otro polímero en el almidón, tiene una estructura altamente ramificada. Cada ramificación contiene aproximadamente de 10-60 unidades de glucosa interconectadas por medio del enlace alfa (1,4), y las ramas están unidas al tronco central mediante enlaces alfa-D(1,6). Las ramificaciones se localizan aproximadamente cada 12 unidades de moléculas lineales de D-glucosa.

Es un polímero usualmente mas largo que la amilosa. No se conoce su tamaño exacto, pero algunas ediciones indican que tiene un peso molecular de millones. El tamaño y la naturaleza de las ramificaciones interfieren con la movilidad de sus moléculas y con su tendencia a orientarse lo mas cerca posible para permitir la formación de enlaces de hidrógeno necesarios para que ocurra la retrogradación. Como resultado, las soluciones azucas de amilopectina se caracterizan por ser claras y estables y por tener una resistencia a gelificar. Debido a que es una molécula altamente ramificada, la amilopectina no es capaz de formar películas tan fuertes y flexibles como las de la amilosa. Tampoco de un color azul cuando interactua con el yodo. La estabilidad de las soluciones de amilopectina es un factor importante en el uso de almidones de amilopectina modificada. (66)

## FENOMENO DE GELATINIZACION.

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, sin embargo, cuando se exponen a humedades altas, tienen la capacidad de absorber agua e hincharse ligeramente. El hinchamiento de estos gránulos es reversible, y después de someterlos a un proceso de secado, pueden volver a su tamaño original. (24)

La amilosa es el componente que contribuye a la gelificación, el proceso de gelificación, consiste en la precipitación o cristalización de la fracción de amilosa. Los almidones según la concentración de amilosa que poseen, van a proporcionar diferentes texturas a los alimentos. En el cuadro número 1 se puede observar sus propiedades aparte la amilosa según su concentración al almidón.

La amilopectina es la porción no gelificante del almidón y proporciona a los productos alimenticios una consistencia viscosa debido a su solubilidad. (3)

Los almidones convencionales no modificados requieren de calor para que sus gránulos se hidraten e hinchen. El grado de hidratación varía con el tiempo, temperatura y pH. Mientras más hidratado está un gránulo, mayor será la viscosidad, la claridad de la solución y la retrogradación en el enfriamiento.

La abundancia de grupos hidroxilo en los gránulos de almidón, es un factor primario en su tendencia a absorber humedad. (66)

Los grupos hidrofílicos de la molécula del almidón son los responsables de que este absorba agua en una forma proporcional a la humedad relativa de la atmósfera. Bajo condiciones atmosféricas normales, los almidones contienen de 10-18% de humedad. El almidón comercial de maíz tiene un 11% de humedad, el de tapioca un 14% y el de papa aproximadamente un 18%. (60)

Existe la posibilidad de que el agua fría penetre en las regiones amorfas de los gránulos sin modificar las micelas, y el máximo de agua que se consigue por este camino es de alrededor del 30%. (42)

El hinchamiento de los gránulos solo es apreciable mediante una observación microscópica muy cuidadosa, y los gránulos se depositan en el fondo de la mezcla, a menos que se mantenga en constante agitación. Cuando esta mezcla se calienta a una temperatura lo suficientemente alta para proporcionar la energía necesaria que rompa algunos de los puentes de hidrógeno de las regiones amorfas, los gránulos comienzan a hincharse de una forma apreciable. (70)

CUADRO 1. PROPIEDADES QUE IMPARTE LA AMILOSA AL ALMIDON.

<u>ALMIDON</u>	<u>CONTENIDO DE AMILOSA (%)</u>	<u>CLARIDAD</u>	<u>ESTRUCTURA DEL GEL</u>	<u>TEXTURA</u>
PAPA	20	CLARA	NO GELIFICA	PASTOSA
MAIZ	27	LIGERAMENTE OPACA	GEL FIRME	GELATINOSA
MAIZ CEREO	0	CLARA	NO GELIFICA	PASTOSA
TAPIOCA	17	CLARA	GEL SUAVE	GELATINOSA
MAIZ CON ALTO CONTENIDO DE AMILOSA	50-80	OPACA	GEL RIGIDO	GELATINOSA

Cuando una masa de almidón en agua se calienta mas allg' de una temperatura crítica, (aproximadamente 66 grados centígrados) y dependiendo del tipo y origen del almidón, los puentes de hidrógeno que mantenían a los gránulos unidos, comienzan a debilitarse permitiendo el hinchamiento de los gránulos hasta varias veces su tamaño original. A este proceso se le conoce como gelatinización o retrogradación. A medida que este hinchamiento ocurre, los gránulos pierden primero su birrefringencia y la orientación radial de sus moléculas, un calentamiento posterior origina mayor pérdida de la red, y permite una entrada de agua adicional, entonces el gránulo se hincha, y posteriormente, a medida que absorbe mas agua, se incrementa la viscosidad y la transparencia de la suspensión. (60)

Cuando los gránulos alcanzan eventualmente su máxima hidratación, comienzan a romperse y colapsarse, ocasionando que algunas de las moléculas se difundan fuera de los gránulos hinchados, y se da lugar a una dispersión de fragmentos granulares. Al ocurrir esto, la viscosidad disminuye y tiende a estabilizarse. (32)

Por el contrario, las mezclas permanecen completamente intactas y mantienen a los gránulos unidos formando redes hinchadas, solo una temperatura superior a los 100 grados centígrados o bien una agitación muy violenta pueden romper estas redes. Dentro de la tecnología de los alimentos rara vez ocurre una agitación de tal intensidad, por lo que al cocer las suspensiones acuosas de los gránulos del almidón a altas temperaturas, estos se separan y fragmentan gradualmente. En ocasiones, algunos de las moléculas mas pequeñas de amilosa se separan y pasan al agua circundante.

Por esta razón, la pasta de almidón resultante tiene la configuración de partículas de engrudo, sur hinchadas pero separadas de las grandes moléculas de almidón. (18)

La temperatura a la que el gránulo de almidón comienza a hincharse rápidamente y a perder birrefringencia, se denomina temperatura de gelificación, comunente llamada "margen de gelificación", ya que dentro de una misma muestra los gránulos de almidón pueden diferir no solo en tamaño y forma, sino también en energía necesaria para que se produzca el hinchamiento. (3)

La forma exacta como se comporta un almidón durante el proceso de gelatinización va a depender de varios factores; el mas importante es la fuente u origen del almidón. El margen de gelatinización es una propiedad úti] para identificarlos. En general, los almidones de raíces o tubérculos se hinchan mas rápidamente en un rango de temperatura mas estrecho en comparación de los almidones y cereales. La temperatura a la cual se produce la gelificación

4Birrefringencia: Doble refracción de los rayos de luz

depende del criterio con el que se mide, la forma mas sensitiva y reproducible para medirla es utilizando un microscopio polarizado equipado con una placa caliente Kofler, el cual detecta la temperatura a la cual los gránulos pierden su birrefringencia. (66)

Debido a otros factores es difícil detectar la temperatura de gelificación en los sistemas alimentarios, sin embargo proporcionan un esquema relativo de su función y su forma de actuar. (33)

No todos los gránulos de un almidón se hinchan o gelatinizan al mismo tiempo y temperatura. Algunos son mas resistentes que otros y pueden tener una diferencia de 10 grados centigrados o mas en su temperatura de gelatinización. (70)

El cuadro número 2, muestra la temperatura Kofler de gelatinización de los almidones mas comunes. Nótese que los almidones de raíces y tubérculos, tal como los de papa y tapioca, tienden a hincharse a temperaturas mas bajas que las necesarias para los almidones de cereales. (69)

Los almidones de raíces y tubérculos muestran también durante su cocimiento un pico mas elevado en las curvas de viscosidad que los almidones de cereales, así como también muestran una caída mas pronunciada si se continúg al cocimiento. Para esta comparación, se tiene la figura número 1, donde se puede observar que el almidón de raíz de caña no se comporta como almidón típico de un cereal, sino que su comportamiento es mas similar al de los derivados de raíces o tubérculos. Los almidones que contienen un alto porcentaje de amilosa son mas resistentes a hincharse y requieren temperaturas superiores para lograr una completa gelatinización. (70)

Cuando la temperatura de la suspensión del almidón supera el margen de gelificación, los gránulos continúan hinchándose si hay suficiente agua. En algunos sistemas alimentarios, la pequeña cantidad de agua limita el hinchamiento ulterior. En sistemas mas diluidos, se da a veces un hinchamiento adicional muy grande, pero la viscosidad solo aumenta marcadamente despues de que los gránulos se hayan hinchado lo suficiente, de manera que chocan con frecuencia. En algunos casos, la fricción llega a ser tan grande que los gránulos, ahora fragiles, se raspan en fragmentos que originan una reducción en la viscosidad. (66)

También quedan involucrados en los cambios de viscosidad el tamaño de los gránulos, las fuerzas internas que mantienen las moléculas juntas dentro del gránulo y el efecto de los demás constituyentes del sistema. Para asegurar la homogeneidad de la mezcla del almidón y evitar los grumos, los gránulos de almidón

CUADRO 2. TEMPERATURA KOFLER DE GELATINIZACION  
DE ALGUNOS ALMIDONES MAS COMUNES

<u>ALMIDON</u>	<u>TEMPERATURA (°C)</u>
MAIZ	62.0 - 70.0
MAIZ CEROSO	62.5 - 72.0
SORGO	68.5 - 75.0
SORGO CEROSO	67.5 - 74.0
PAPA IDAHO	56.0 - 67.0
PAPA	59.0 - 67.5
TAPIOCA DOMINICANA	58.5 - 70.0



han de estar completamente separados y rodeados de agua antes de que la temperatura del sistema llegue al margen de gelificación. (51)

Cuando una mezcla espesa de almidón se agita mientras se enfría, la viscosidad suele aumentar. Si se deja reposar, sin agitarla antes o después del enfriamiento, existe la tendencia de que se establezcan enlaces intermoleculares. (3)

La fuente del almidón es un factor muy importante en el comportamiento de una mezcla de almidón durante el enfriamiento. En general, la tendencia de la mayoría de los almidones a aumentar su viscosidad o gelificar, en frío y volverse opaco, es causada por la presencia de moléculas de amilosa que pueden asociarse por medio de puentes de hidrógeno. El almidón de raíz que contiene aproximadamente un 28% de amilosa, forma geles opacos y rígidos. El almidón de maíz céreo, el cual está esencialmente libre de amilosa, da lugar a soluciones que espesan poco durante el enfriamiento. Los almidones de tapioca y papa con un contenido de amilosa de aproximadamente 10% y 23% respectivamente, dan lugar a soluciones claras y relativamente estables al enfriarse, a pesar de su contenido de amilosa. Esto se debe a que las moléculas de amilosa de estos almidones tienen un peso molecular bastante mayor que la amilosa del maíz, y posiblemente porque pueden contener algunos puntos ramificados que previenen la orientación y el acercamiento de las moléculas lo suficientemente para permitir el enlazamiento por puentes de hidrógeno. (32)

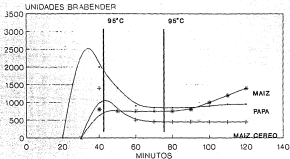
La concentración a la cual es cocinado el almidón, es también un factor importante que influye en su comportamiento, particularmente en lo que se relaciona al poder de absorción de agua de los gránulos. El poder de absorción, se define como el peso del gránulo hinchado por gramo de almidón seco, y es una propiedad de los almidones comerciales que se debe conocer, sobre todo dentro del intervalo de temperatura comúnmente empleado en la industria alimentaria. (45)

Otra definición del poder de absorción es función del peso de sedimento hinchado por unidad de peso de sedimento seco corregido para los solubles. (33)

El peso seco es corregido para los solubles, determinando los solubles en el líquido sobrenadante y calculando la concentración que permanece en el sedimento.

Cuando la concentración está sobre este nivel, los gránulos hinchados son capaces de formar una fase continua, en donde toda el agua disponible se encuentra atrapada, y por el contrario, por

FIGURA 1. VISCOSIDADES DE BRABENDER DEL MAIZ CEREO Y PAPA EN CONDICIONES DE pH DE 5.0 Y 6.0% DE SOLIDOS.



CALENTAMIENTO  
CONTROLADO

ENFRIAMIENTO  
CONTROLADO

debajo de esta concentración, existe agua libre y se observa una separación de fases de los gránulos hidratados y la solución acuosa. (66)

En el cuadro número 3, se enlistan las concentraciones críticas de los almidones mas comunes utilizados dentro de la industria alimentaria. (51)

Estos valores representan los gramos de maíz de almidón seco requeridos por 100 mililitros de agua, para producir a pH 6, una pasta en donde los gránulos hinchados virtualmente ocupan el volumen entero. De este modo, casi no hay agua libre entre los granulos hinchados. (32)

En muchas de las aplicaciones para alimentos, la concentración del almidón en agua es mucho mas alta que la concentración crítica, de forma tal que los gránulos hinchados van a formar una fase continua, en donde el agua esta atrapada. El agua solo va a ser liberada, si a lo largo de la asociación intermolecular, los grupos hidroxilo se enlazan, perdiendo su habilidad de permanecer hidratados, y así liberar agua. Este fenómeno que puede observarse en gel de almidón se conoce como sinéresis. (42)

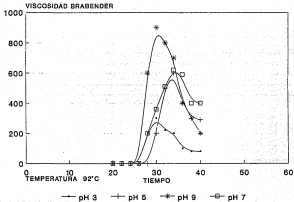
Cuando la concentración del almidón es lo suficientemente alta para inhibir la hidratación de los gránulos, las propiedades reológicas de la pasta van a ser significativamente diferentes que a una concentración mas baja; además de que un cocimiento a concentraciones superiores que la crítica, ocasiona que los gránulos sean cada vez mas susceptibles a la ruptura. (18)

El comportamiento del almidón durante el enfriamiento esta también influenciado por la concentración. En general, mientras mas alta sea la concentración, mayor sera la viscosidad y la tendencia del gel a espesar durante el enfriamiento. (23)

El pH al cual el almidón es cocinado, puede también ejercer un marcado efecto en su comportamiento. Muchos almidones tienen un rango de pH que varia de 5.0 a 7.0; en donde las variaciones en las propiedades de cocimiento son relativamente pequeñas. Sin embargo, un cocimiento a un pH menor de 5.0 o mayor de 7.0 tiende a disminuir la temperatura de gelatinización y a acelerar todo el proceso de cocimiento, además, bajo condiciones muy ácidas puede ocurrir una hidrólisis de los enlaces glicosídicos con lo cual se acelera el hinchamiento de los gránulos y aumenta la fragmentación, de modo que la máxima viscosidad conseguida queda considerablemente disminuida, y durante el almacenamiento ocurre una fluidificación de la muestra. (33)

La figura número 2, ilustra el efecto del pH en las curvas de viscosidad de Brabender del almidón de maíz dulce.

FIGURA 2: VISCOSIDAD DEL ALMIDON DE MAIZ CEREO COCINADO  
A pH's DE 3,5,7 Y 9.



La agitación es otro factor importante en el proceso de cocimiento del almidón, mientras mas rápida y efectiva sea la agitación, mas rápida será la transferencia de calor y por tanto mas rápido será el proceso de cocimiento. Además de acelerar la velocidad de cocimiento, si se aumenta la fuerza cortante durante la agitación, se promueve la ruptura de los gránulos que da lugar a rápidas caídas de la viscosidad y finalmente a una viscosidad baja. La agitación durante el proceso de enfriamiento también interfiere con la asociación o retrogradación de la amilosa, produciendo geles mas suaves. La fuerza o firmeza del gel de almidón está también influenciada por la velocidad de enfriamiento. (66)

Un enfriamiento lento favorece mas a los geles fuertes que un enfriamiento rápido. Debido a que proporciona mas tiempo a las moléculas de amilosa para que se orienten y se asocien. (33)

El comportamiento de los almidones durante su cocimiento y enfriamiento se ve también influenciado por el uso de algunos aditivos auxiliares.

Los azúcares debido a su propio carácter hidrófilo, compiten con el almidón por el agua presente en una suspensión, de ahí su efecto de retardar o inhibir el hinchamiento de los gránulos de almidón, y de disminuir la tendencia de estos a romperse y colapsarse. (2)

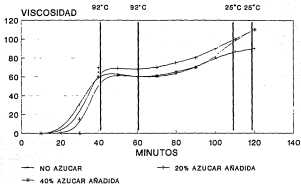
La figura número 3, muestra el efecto del cocimiento de un almidón modificado de raíz círea a una concentración de 6.5% en presencia de una concentración de sacarosa del 20% y 40% en peso del almidón. (65)

A bajas concentraciones de azúcar, la tendencia a disminuir la velocidad de hinchamiento es baja, y en ocasiones, incluso aumenta un poco la viscosidad. El incremento de la viscosidad ocurre debido a las pequeñas cantidades de azúcar que, aparentemente retrasan la fragmentación de los gránulos que se hinchan mas rápidamente sin que se prevenga el hinchamiento de otros. Grandes cantidades de azúcar, rebajan la velocidad de hinchamiento, así como la viscosidad que se obtiene al final. La fuerza del gel disminuye progresivamente a medida que aumenta la cantidad de azúcar añadida. (18)

Los disacáridos ejercen mayor efecto que los monosacáridos cuando se hallan a igual concentración en peso.

Además del efecto que tienen en la gelatinización y en la caída de viscosidad de los almidones, los azúcares y los compuestos similares tienden a estabilizar las pastas de almidón y a disminuir su tendencia a retrogradarse. Probablemente los

FIGURA 3. EFECTO DE LA AZUCAR AÑADIDA EN LA VISCOSIDAD DE UNA SUSPENSION DE ALMIDON .



ácidos evitan que los hidróxilos de las moléculas de almidón se asocien unos con otros. (66)

En el caso de las grasas naturales e hidrognadas, muestran un menor efecto en la gelatinización del almidón. Estas tienden a *acelerar* el cocimiento, y a disminuir la temperatura a la cual el almidón desarrolla su máxima viscosidad. (42)

Las grasas naturales, compuestas principalmente por triglicéridos con cadenas alifáticas de 16-18 átomos de carbono, sin emulsionantes añadidos y con índices de iodo entre 38 y 132, poseen efectos idénticos sobre las curvas de viscosidad de las suspensiones de almidón. Estas grasas no repercuten sobre la máxima viscosidad obtenida, pero la temperatura a la cual se consigue la máxima, es progresivamente mas baja cuanto mas grasa sea añadida, hasta el punto en que es imposible dispersar mas grasa en la mezcla. (51)

Los monoglicéridos y otros compuestos similares, con cadenas hidrocarbonadas largas unidas a los grupos hidrófilo, ejercen un marcado efecto en el comportamiento característico del almidón.

Estos agentes generalmente tienen un marcado efecto en el comportamiento del almidón durante su cocimiento. (65)

El mecanismo exacto varía mucho, dependiendo de la composición química del agente surfactante y del tipo de almidón. (27)

Muchos compuestos que poseen un extremo hidrofóbico y un grupo hidrófilo, tal como los ácidos grasos de cadena larga, los monoésteres de glicerol, etc., van a actuar con la amilosa y se va a formar una hélice alrededor de la mitad hidrofóbica del surfactante. Esto estabiliza a la amilosa y reduce su tendencia a asociarse y retrogradarse. (66)

Si el almidón no ha sido cocinado y los gránulos estan todavía intactos, estos surfactantes inhiben el proceso de gelatinización subiendo la temperatura a la que se logra esta, y retardando la velocidad de hinchamiento los gránulos.

En algunos casos, también pueden provocar un marcado efecto en la viscosidad durante el proceso de cocimiento. Este efecto es mas

**Índice de Iodo:** Se define como el número de gramos de iodo que reaccionan con un gramo de lípidos y es una medida de promedio de dobles ligaduras o insaturaciones que contienen los aceites y grasas. No ofrece ninguna información concerniente a la distribución y localización de las dobles ligaduras en los diferentes ácidos grasos, por lo que no se puede utilizar para determinar la naturaleza y composición de la grasa.

pronunciado en almidones que contienen concentraciones significativas de amilosa, de cualquier modo también ocurre, aunque en menor grado, en almidones con altas concentraciones de amilopectina tal como el almidón de maíz ceroso. Esto puede deducirse de la figura número 4. (33)

Debido a que estos agentes surfactantes interfieren en la tendencia de la amilosa a retrogradarse, van entonces a estabilizar almidones que contienen mayor porcentaje de amilosa, como el almidón de maíz. (36)

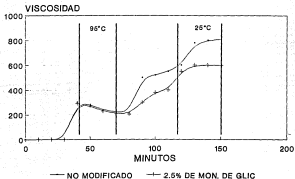
El uso de monoglicéridos como aditivos en alimentos procesados que contienen almidones naturales, se basa en esta interacción de los monoglicéridos con la amilosa. Al reaccionar con la amilosa se reduce la tendencia de la amilosa a dispersarse fuera del gránulo. También estabiliza al almidón. (34)

En el caso de las sales, dentro del margen de pH de los alimentos, las moléculas de almidón no poseen grupos ionizables y, por tanto, son mucho menos sensibles a las sales que las proteínas. La fracción de amilopectina del almidón de papa tiene alguno de sus grupos hidroxilo esterificado con grupos ortofosfatos, por lo que este almidón es una excepción. En la concentración de las sales en los alimentos son tan bajas, que cabe presumir que sus efectos sobre el almidón son muy inferiores a los de otros componentes. (18)

Al considerar a los almidones como aditivos alimentarios, es fundamental tomar en cuenta su naturaleza nutritiva y su calidad comestible. Un gramo de almidón es capaz de proporcionar cuatro calorías aproximadamente. Los almidones proporcionan el mayor porcentaje de calorías en nuestra dieta. (16)



FIGURA 4. EFECTO DEL MONOESTEARATO EN LA VISCOSIDAD DEL ALMIDON DE MAIZ NATIVO A UN pH DE 6.3 A 6.5.



## 2.2 CAPITULO 2 TECNICAS DE MODIFICACION DE ALMIDONES

Por muchos años, los almidones fueron utilizados principalmente como espesantes y como fuente de carbohidratos. Actualmente, también son utilizados como estabilizantes, texturizantes, ligadores de agua o grasa, y como emulsificantes. (39)

Para aumentar esta utilidad del almidón, la industria ha hecho uso de varias técnicas para modificar una o mas de las características que influyen en las propiedades del almidón. (46)

Las modificaciones del almidón mas comunmente utilizadas dentro de la industria alimentaria son: hidrólisis, oxidación, sustitución, la técnica de enlace cruzado y algunos métodos físicos. (1)

### MODIFICACIONES DEL ALMIDON POR CONVERSION.

Las conversiones del almidón son procesos realizados para reducir la viscosidad del almidón crudo por medio de una degradación de las moléculas del almidón. Esto involucra un rompimiento de las moléculas en los enlaces glucosídicos. (1)

Dependiendo del método, pueden también ocurrir alteraciones químicas como la oxidación de algunos grupos hidroxilo a aldehído, cetona o carboxilo, o bien puede ocurrir una transposición molecular. Estas conversiones son ampliamente utilizadas para reducir la viscosidad del almidón crudo de forma que pueda ser cocinado y utilizado a concentraciones mas altas que las posibles cuando se utiliza un almidón nativo. También son de gran valor para modificar otras propiedades como el comportamiento durante el cocimiento, su solubilidad en agua fría y su tendencia a formar geles o pastas. Esta técnica de modificación puede aplicarse en almidones cocidos o en almidones en su forma granular. (16)

Muchas de las conversiones usadas para producir los llamados "almidones modificados" son llevadas a cabo en el gránulo intacto. Estas conversiones permiten el uso de técnicas eficientes de bajo costo que son solicitadas para la manufactura de almidones que puedan recuperarse con el gránulo intacto y en forma seca. Esto incluye a los almidones pre-cocidos o de cocción ligera, de conversión ácida, oxidados, etc.. (32)

Los almidones de cocción-ligera se logran por medio de una hidrólisis ácida controlada del almidón en su forma granular o

nativo en una suspensión acuosa. Esta conversión se lleva a cabo en suspensiones concentradas de almidón a temperaturas de cerca de 52°C la cual es menor que la temperatura de gelatinización del almidón. El ácido sulfúrico y el clorhídrico son comúnmente utilizados como catalizadores. La reacción principal consiste en un rompimiento de los enlaces glucosídicos alfa- $\beta$ (1,4) y alfa- $\beta$ (1,6) con la subsecuente reducción del tamaño de la molécula. El gránulo se debilita pero no al grado de solubilizarse. Cuando se alcanza la viscosidad deseada, el ácido se neutraliza, y se recoge el almidón ya modificado para luego filtrarlo y secarlo. (33)

Cuando los almidones de ligera cocción son cocinados, los gránulos no se hinchan tanto como los del almidón crudo. En cambio, se desintegran después de un hinchamiento parcial dando lugar a dispersiones que dependiendo del grado de conversión, van a tener viscosidades que van desde muy altas hasta relativamente bajas. En caliente, forman soluciones claras y fluidas, pero en el caso del maíz, los almidones de ligera cocción se vuelven coqueos y forman gels rígidos al enfriarse. Estos productos son de gran importancia y valor cuando se quiere impartir una estructura rígida al producto. Los almidones de ligera cocción que se derivan de almidones de maíz ceroso no muestran la misma tendencia a gelificar que los derivados del almidón de maíz nativo, pero producen soluciones fluidas estables que tienen gran valor como adhesivos y revestimientos. (66)

#### MODIFICACION POR HIDROLISIS.

Existen dos condiciones para efectuar la hidrólisis:

1) Hidrólisis ácida. La mezcla almidón con agua y ácido clorhídrico produce un rompimiento de enlaces alfa (1,4) y alfa (1,6) al azar a lo largo de la cadena molecular. Durante este proceso se generan algunos azúcares solubles, pero la mayor parte del almidón permanece en forma de gránulos para posteriormente aislarlos como producto seco.

Los almidones preparados por este tipo de modificación presentan las siguientes características en comparación con almidones no modificados. Hay una reducción en la viscosidad caliente, mejor hidratación a temperaturas bajas, retención de la estructura del gel y una mayor adhesividad. (1)

2) Dextrinización. El proceso de tostar en seco almidón con un contenido de agua limitado en presencia de ácido clorhídrico diluido origina también un rompimiento de enlaces al azar a lo largo de la molécula, dando lugar a dextrinas. Las dextrinas difieren de los almidones acidificados, en que estas primeras

contienen un mayor porcentaje de azúcares u otros sólidos solubles en agua fría que se generan a través del proceso de tostado en seco. Estos sólidos pueden contribuir a dar un color ligeramente amarillo a los alientos. (70)

Muchas dextrinas producidas para la industria alimentaria se preparan a partir de almidones de raíz común y tapioca. Tienen sur baja viscosidad, una solubilidad de 100% en agua y pueden o no gelificar dependiendo del grado de dextrinización. (3)

## DEXTRINAS.

Cuando se desean productos modificados que sean parcial o completamente solubles en agua fría, se utilizan conversiones en seco y dextrinizaciones.

Como este método incluye el uso de calor para promover la conversión, es por tanto conocido como "piroconversión". Este proceso consiste en convertir el almidón a su estado seco y pulverizado. La conversión es iniciada y mantenida por calor. La dirección y magnitud de la conversión es controlada por medio de factores auxiliares como ácidos, buffers y el contenido de humedad del almidón. (33)

Una típica conversión involucra: un almidón que contenga de 5 a 20% de humedad, en una solución diluida de un ácido volátil como el ácido clorhídrico o tratados con una solución amortiguadora como el carbonato de selenio o fosfato trisódico. Esto se calienta de acuerdo a una rúcula establecida hasta alcanzar el punto final deseado. (66)

La conversión se detiene generalmente al enfriar el almidón. Generalmente tienen lugar cinco pasos:

- 1) Acidificación o Estabilización del pH.
- 2) Secado o presecado.
- 3) Piroconversión.
- 4) Enfriamiento.
- 5) Rehumedificación.

El orden de los primeros dos pasos puede variar. Cada uno puede incluir una operación distinta realizada en diferentes piezas del equipo, o bien pueden desarrollarse en la misma unidad. Los pasos de secado y conversión pueden combinarse o bien realizarse en forma separada. (34)

Los cambios que ocurren durante la piroconversión son complejos. Se cree que principalmente tienen lugar tres reacciones:

1.- Hidrólisis. Consiste en el rompimiento de los enlaces glucosídicos alfa(1,4) y alfa(1,6) que se encuentran entre las unidades de glucosa. Esta reacción es favorecida por el calor, las condiciones ácidas y la humedad. Como resultado de esta reacción, hay una reducción en el tamaño de la molécula y una disminución de la viscosidad. (42)

2.- Transglucosidación. Consiste en el rompimiento de enlaces glucosídicos y su reformation en otros puntos para producir moléculas más ramificadas. Esta reacción es favorecida por el calor y aparentemente no tiene lugar hasta que la humedad ha sido removida. No altera el peso molecular, pero sí mejora la estabilidad de la dextrina al reducir la cantidad de componentes lineares. (32)

3.- Repolimerización. La glucosa es capaz de polimerizarse a altas temperaturas en presencia de concentraciones catalíticas de ácido. Durante este proceso, el valor reductor disminuye. (27)

Dependiendo de cual de estas reacciones o combinaciones de reacciones se lleven a cabo, podrán ser obtenidos tres tipos principales de productos: dextrinas blancas, dextrinas amarillas y gomas británicas. En la conversión a dextrinas blancas, la reacción dominante es la hidrólisis. Para su producción se utilizan las siguientes condiciones: humedad, acidez alta y una temperatura de conversión relativamente baja.

Las dextrinas blancas cubren un amplio rango de viscosidades y su solubilidad en agua fría depende del grado de conversión. Los tipos de almidones que alcanzan un mayor grado de conversión tienen un grado de polimerización promedio de aproximadamente veinte unidades y son pocos solubles. Para niveles bajos de conversión, estas dextrinas tienden a tener un color más claro, una solubilidad relativamente baja en agua fría y sus dispersiones tienden a tener una estabilidad limitada.

Las dextrinas amarillas son producidas en presencia de concentraciones más altas de almidón, baja humedad y temperaturas altas de conversión. Durante el estado inicial de la conversión ocurre la hidrólisis, pero posteriormente tienen lugar las reacciones de transglucosidación y repolimerización. Todas estas dextrinas son de baja viscosidad y son completamente solubles en agua fría. Su grado de polimerización varía de 20 a 50 unidades. Son solubles, de color más oscuro y más estables que las dextrinas blancas. (65)

Las conversiones a gomas británicas se caracterizan por condiciones poco ácidas o no ácidas, por la presencia ocasional de un amortiguador de pH y por temperaturas altas. La hidrólisis ocurre en poco grado, y la reacción predominante es la transglucosidación. (51)

Como la hidrólisis es mínima, las gomas británicas tienen una viscosidad no tan baja como la de las dextrinas amarillas o blancas. A la misma viscosidad son mas oscuras y mas solubles en agua fría. Además de que sus soluciones son mucho mas estables que las de este tipo de dextrinas. (27)

#### MODIFICACION ENZIMATICA.

La especificidad de una enzima se define por la naturaleza del compuesto que puede ser convertido en producto. (28)

La gran mayoría de las enzimas tiene la capacidad de catalizar reacciones específicas; es decir se limita a un determinado tipo de sustrato que debe reunir ciertas características para que pueda ser utilizado como tal.

El sitio activo de una enzima es aquella porcion de aminoácidos de la proteína que participa en el proceso catalítico; es decir, el sitio activo esta formado por ciertos aminoácidos que forman un microambiente catalizador dentro de la propia molécula del polipéptido.

Las enzimas mas comunmente empleadas en la industria alimentaria pertenecen a las carbohidrasas; las principales son: amilasas, celulasas, disacaridasas y pectinasas.

Las enzimas amilolíticas o amilasas son de cuatro diferentes tipos y se diferencian entre ellas por la manera en que hidrolizan los enlaces químicos del almidón: las alfa y beta amilasas atacan los enlaces glucosídicos alfa (1,4), las glucoamilasas los alfa (1,4) y alfa (1,6), y finalmente las del grupo de las amilopectinas 1,6 glucosidasas hidrolizan exclusivamente los enlaces alfa (1,6). De todas éstas, las mas importantes son la alfa y beta amilasas, que se llaman así porque al incubarse con una solución de amilosa, la primera aumenta la rotación óptica, mientras que la segunda la reduce. (3)

Las enzimas alfa y beta amilasas y la amilopectina 1,6 glucosidasa actúan sobre las moléculas de almidón sin embargo, su actividad sobre la maltosa y maltotriosa es muy pobre o bien inexistente.

La celulasa tiene actividad sobre la celulosa así o sobre la celobiosa. El almidón, así como la celulosa no es hidrolizado por la maltosa y celobiasa respectivamente, esto se debe a que estas moléculas son demasiado largas para permitir una reacción con los sitios activos de las enzimas

La maltosa y celobiosa si reaccionan con los sitios activos de la alfa y beta amilasas y de la celulasa respectivamente, pero el enlace glucosídico (1,4) no puede ser hidrolizado debido a que no se posiciona correctamente con respecto a los grupos catalíticos de la enzima. (61)

La alfa amilasa (alfa-1,4-glucan 4-glucanohidrolasa) es una endo-enzima que hidroliza los enlaces glucosídicos alfa (1,4) del sustrato. Teóricamente la hidrólisis es completamente al azar, sin embargo, algunos modelos de acción presentan productos reproducibles característicos de una alfa amilasa de una fuente en particular. Por otra parte, a la alfa amilasa se le designa como enzima licuante ya que al hidrolizar los enlaces químicos del almidón en una forma al azar, reduce rápidamente la viscosidad de las dispersiones de este polímero; el producto de estas hidrólisis son dextrinas, maltosa y glucosa, por lo que el poder reductor de las dispersiones del almidón aumenta considerablemente. (14)

La beta amilasa (alfa-1,4-glucan maltohidrolasa) es una exo-enzima que remueve sucesivamente unidades de maltosa de la parte terminal no reductora de las cadenas de polisacáridos. Cuando la enzima se encuentra un enlace alfa (1,6), la acción sobre esa cadena en particular se detiene. La beta amilasa hidroliza al almidón atacándolo únicamente por su extremo no reductor y produce moléculas de maltosa y dextrinas básicamente; debido a que no hay una inmediata destrucción de la estructura poliférica del almidón, la beta amilasa reduce la viscosidad de las dispersiones de almidón en forma muy lenta. (19)

Ambas amilasas se encuentran comúnmente en plantas y semillas en estado de germinación; sin embargo, solo la alfa se ha encontrado en animales; las amilasas de la saliva y del páncreas son alfa amilasas típicas de origen animal. (3)

Las glucosamilasas (alfa-1,4-glucan glucohidrolasa) son también exoenzimas y remueven unidades de glucosa de la parte terminal no reductora de la cadena de polisacárido. La acción de esta enzima disminuye cuando se encuentra en la cadena enlaces alfa(1,6). (61)

Debido a que las glucosamilasas atacan los dos enlaces químicos que se encuentran en los almidones, su acción continua produce la hidrólisis total de estos polisacáridos hasta la obtención exclusiva de moléculas de glucosa.

Las enzimas amilopectina-1,6-glucosidasas hidrolizan el enlace alfa(1,6) del glucógeno y de la amilopectina en una forma al azar, con la consecuente producción de cadenas lineales de polisacáridos de diferente longitud. Este grupo de enzimas se

puede dividirse a su vez en dos clases principales que dependen de su especificidad por el sustrato: pululanasa e isomaltasa. La diferencia estriba en que las pululanasa hidrolizan los enlaces alfa (1,6) de la maltotriosa (pulularosa), mientras que las isomaltasa no tienen ninguna acción sobre este trisacárido. (3)

#### Naturaleza del sustrato.

Como ya se vio, el almidón está compuesto, por dos fracciones: amilosa y amilopectina. El tamaño molecular de estas fracciones es variable. El número de unidades de glucosa en la amilosa varía de 300 a 400 unidades. Debido a que la fracción de amilosa contiene únicamente enlaces glucosídicos alfa(1,4), las enzimas alfa y beta amilasa la hidrolizan completamente a maltosa. Sin embargo, generalmente aparecen unidades de maltotriosa. La glucoamilasa hidroliza completamente a la fracción de amilosa hasta formar glucosa, aunque al final de la hidrólisis pueden aparecer unidades de maltosa y maltotriosa debido a la hidrólisis lenta de estos compuestos.

Con la amilopectina, la hidrólisis es mas pobre. Cuando es sometida a una hidrólisis exhaustiva con una alfa amilasa, solo se obtienen pequeños oligómeros (de dos a seis unidades de glucosa). Por otro lado, la beta amilosa hidroliza las cadenas por el lado no reductor y su acción termina cuando encuentra un enlace alfa (1,6), produciendo maltosa. La glucoamilosa hidroliza preferentemente enlaces alfa (1,4) para dar glucosa, aunque puede también hidrolizar los enlaces alfa (1,6) a una velocidad menor. (61)

#### MODIFICACION DEL ALMIDON POR ENLAZAMIENTO CRUZADO.

Las características de una dispersión de almidón cambian mucho durante el proceso de cocimiento. El almidón seco se comporta como una suspensión en agua. Cuando los gránulos comienzan a absorber agua, esta dispersión se convierte en una pasta no elástica, la cual se vuelve rápidamente mas elástica a medida que los gránulos hinchados se rompen formando dispersiones de moléculas y agregados moleculares. Esta pasta no elástica formada por gránulos muy hinchados, se asocia generalmente con el estado al cual el almidón alcanza su máxima viscosidad y poder espesante lo cual mejora la textura y palatabilidad del almidón. (66)

En almidones crudos estas condiciones son muy tenues y son destruidas por un sobrecocimiento, por una variación en el pH o por una agitación muy fuerte. (32)



Debido a las variaciones en la velocidad a la cual se hinchan los gránulos, el período de máxima viscosidad es muy corto, principalmente en almidones derivados de raíces. El método de enlazamiento cruzado es muy utilizado para superar este problema y mejorar las características de textura necesarias en algunos sistemas alimentarios donde el almidón actúa como un agente estabilizador y espesante.

El objetivo del enlazamiento cruzado es el endurecer los gránulos de almidón mediante el tratamiento con reactivos di o polifuncionales capaces de reaccionar con los grupos hidroxilo de las moléculas de almidón, creando un enlace cruzado entre dos cadenas moleculares de almidón, bajo condiciones en las cuales los gránulos no se hinchan. (65)

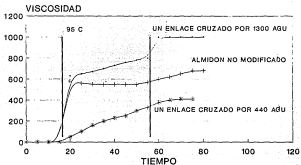
Los reactivos mas comunmente usados para este método son los ácidos adípico, acético y cítrico, estarfosfatos, cloruro de fósforo, mezclas de anhídridos y epiclohidrina. (70)

La reacción normalmente ocurre sobre los gránulos intactos en una suspensión acuosa. Se cree que el reactivo reacciona con los grupos hidroxilo de dos moléculas de almidón diferentes, formando un puente químico que refuerza los enlaces de hidrógeno que son responsables de la integridad del gránulo. Solo unos cuantos de estos enlaces son necesarios para endurecer el gránulo, de forma que el número de enlaces químicos cruzados que normalmente se utiliza, es bajo. Generalmente solo un enlace cruzado por cada 2000 unidades de anhidroglucosa es suficiente. Después de la reacción, los químicos que no reaccionaron se remueven del almidón mediante un lavado, para posteriormente filtrar el almidón y secarlo.

Cuando un almidón de este tipo se calienta en agua, los gránulos pueden hincharse, pero a pesar de que los enlaces de hidrógeno se rompen, los gránulos hinchados pueden permanecer intactos por enlace químico cruzado. La forma exacta en que estos almidones se comportan durante la cocción, va a depender del número de enlaces cruzados que se forman. Un tratamiento ligero endurece los gránulos lo suficiente para prevenirlos de una ruptura permanente, va a ampliar el período durante el cual el almidón alcanza su máxima hidratación, puede aumentar la viscosidad máxima alcanzada y disminuir o nulifica las caídas de viscosidad. (45)

Si el número de enlaces cruzados aumenta, se alcanza un punto en donde la absorción de los gránulos está tan inhibida, que estos no son ya capaces de hidratarse completamente, y su viscosidad comienza a caer. Finalmente, los gránulos se hacen resistentes al agua hirviendo. En la figura número 5, se ilustra el efecto del aumento del número de enlaces cruzados en las curvas de viscosidad para el almidón de maíz ceroso. (33)

FIGURA 5: EFECTO DE LOS PUENTES CRUZADOS EN LA VISCOSIDAD DEL ALMIDON DE MAIZ CON UNA CONCENTRACION DE 6% DE SOLIDOS.



La tendencia del almidón a disminuir bruscamente su viscosidad en un medio ácido, y la excesiva sensibilidad del almidón a las variaciones del pH, pueden minimizarse con la formación de enlaces cruzados. (66)

Ajustando el nivel y el tipo de enlazamiento, es posible hacer que los almidones presenten su máxima viscosidad o hidratación al pH más comúnmente encontrado en los sistemas alimenticios.

Este tipo de modificación, hace también a los gránulos más resistentes a las altas temperaturas. (18)

Los gránulos de un almidón no modificado cuando se hinchan, son muy sensibles a fuerzas cortantes, por lo que con una agitación fuerte se rompen rápidamente y pierden su viscosidad. Los almidones modificados por este método, son más resistentes, y mediante un tratamiento adecuado es posible modificar el almidón para que sea capaz de soportar el esfuerzo mecánico que tiene lugar en algunos procesos de alimentos. Este efecto se muestra en la figura número 6. (32)

El poder de absorción de los gránulos es un reflejo del grado de entrecruzamiento. A medida que el nivel aumenta, el poder de absorción de los gránulos disminuye. (70)

#### MODIFICACION POR SUSTITUCION.

La mayoría de las unidades de anhidroglucosa del almidón contienen dos grupos hidroxilo secundarios y uno primario, los cuales son muy susceptibles a participar en varias reacciones químicas que permiten la introducción de innumerables sustituyentes bajo condiciones no degradativas. (66)

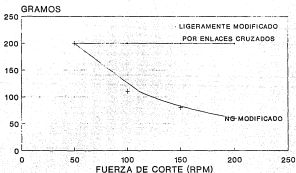
Estas reacciones pueden ser: esterificaciones, eterificaciones, formación de acetales y carbonatos. (16)

Generalmente, estas reacciones se llevan a cabo en suspensiones acuosas de almidón, lo que simplifica mucho el proceso de purificación y remoción de los agentes químicos que no reaccionaron y de los sub-productos, mediante un lavado. (33)

Las propiedades de estos almidones modificados van a depender de la naturaleza del grupo sustituyente, y del nivel de sustitución. (65)

A bajos niveles de sustitución, el efecto principal del grupo sustituyente es el de romper la linealidad del segmento molecular donde ocurre la reacción, por lo que disminuye la tendencia de la molécula a asociarse y una reducción en la capacidad de retrogradación. (65)

FIGURA 6: EFECTO DE LA FUERZA MECANICA EN LOS GRANULOS HINCHADOS DE MAIZ CEREOL



Los niveles bajos de sustitución también aumentan la habilidad del almidón para retener agua. A niveles más altos de sustitución, se reduce la afinidad del almidón por el agua, hasta finalmente hacerse insoluble en esta, esto se debe a que los grupos acetilos son menos hidrofílicos que los grupos hidroxilo. (16)

Un segundo efecto de este proceso en el almidón granular, es la pérdida de las fuerzas que mantienen al gránulo intacto, esto se refleja en una disminución de la temperatura de gelificación y en el aumento de velocidad a la cual se cuece el almidón. Cuando el nivel de sustitución es lo suficientemente alto, los gránulos adquieren la capacidad de hincharse en agua fría. (27)

Dependiendo de la naturaleza de los grupos sustituyentes, la sustitución imparte al almidón diferentes propiedades físicas y químicas. (44)

Si se introducen sustituyentes que contengan grupos hidrofílicos como los carboxilos, es posible reducir la temperatura de gelatinización, y aumentar la viscosidad. (60)

Los grupos aniónicos, como los carboxilatos o fosfatos aumentan la reactividad del almidón con elementos metálicos polivalentes. Al introducir grupos hidrofóbicos, se imparte al almidón propiedades de estabilizante de emulsiones. (18)

#### MODIFICACION POR MEDIOS FISICOS.

Las propiedades del almidón pueden también ser modificadas por medios puramente físicos. Estos incluye al almidón pre-cocido en donde se aumenta la habilidad de los gránulos para retener humedad. También se incluye la incorporación de aditivos con el fin de modificar las características de flujo. (33)

Los gránulos pueden también ser pre-cocidos, para proporcionar un almidón que se hinche en agua fría. Estos almidones se conocen como pregelatinizados, e incluyen dos procesos importantes:

1) Almidón secado en tambores. Este proceso consiste en alimentar una suspensión acuosa de almidón nativo o modificado, dentro de tambores calientes, los cuales cuecen el almidón y evaporan el agua, produciendo una hojuela seca capaz de dispersarse en agua fría.

2) Almidón secado por aspersión. Estos almidones se obtienen mediante un cocimiento seguido de un proceso de secado por aspersas. (66)

## MODIFICACION GENETICA.

El control genético de los gránulos del maíz representa uno de los métodos mas importantes para modificar el almidón. Al igual que varias de las características de las plantas, el tipo de almidón depositado en los granos se rige genéticamente. Los sistemas genéticos que controlan la relación de amilosa y amilopectina en el almidón, han estado bajo un profundo estudio desde hace un cuarto de siglo. Esto ha conducido al desarrollo de una variedad conocida como cerosa, cuyo porcentaje de amilopectina es de 95-100% los de alta amilosa, con un contenido entre el 50-80% de amilosa. (18)

Estas diferencias en las relaciones de amilosa y amilopectina, se reflejan en las variaciones de muchas de las propiedades del almidón. (69)

El almidón de maíz ceroso que contiene esencialmente 100% amilopectina, se cocina rápidamente para dar soluciones que se caracterizan por una excelente estabilidad y una resistencia a gelificar en frío o con el envejecimiento. (32)

El almidón de maíz que contiene 28% de amilosa, forma soluciones poco estables que al enfriarse tienden a formar geles rígidos y opacos. Los almidones ricos en amilosa son mas resistentes al cocimiento y requieren temperaturas de 100-150 grados centígrados para romper los gránulos. Estos almidones deben ser cocidos bajo presión para lograr una adecuada dispersión. Las soluciones resultantes son muy inestables y al enfriarse forman geles opacos, muy firmes, y en un tiempo menor que el almidón de maíz. (69).

Los factores que van a influir en la determinación del uso de los almidones como diluyentes, agentes espesantes, agentes fluidizantes etc, dentro de la industria alimentaria, son principalmente su calidad comestible, sus propiedades y su costo, y su utilidad va a depender de su aplicación y las propiedades auxiliares que se requieran. (16)

## 2.3 CAPITULO 3 TECNOLOGIA PARA FABRICAR EMBUTIDOS.

Un embutido es una emulsión de grasa en agua, estabilizada por proteínas cárnicas.(17)

En productos de emulsiones cárnicas, las propiedades funcionales mas importantes incluyen: capacidad de emulsión, estabilidad de la emulsión, capacidad de retención de agua, capacidad de gelificación y cohesión de las partículas.

Estas propiedades están interrelacionadas y están determinadas por la cantidad, composición, conformación y propiedades físicas de la carne.(4)

Normalmente la grasa y el agua no se mezclan, pero si se combinan con un agente emulsificante pueden formar una mezcla estable.

El agente emulsificante debe ser soluble y debe cubrir las partículas de grasa. Generalmente la proteína de la carne es el agente emulsificante.(13)

El éxito de un embutido emulsificado, dependerá de que tan bien se forme la emulsión, y que tan estable permanece después del mezclado y durante su cocimiento y almacenamiento.

En una emulsión mal formada, la grasa y el agua se separan, lo que provoca una pérdida de peso, un sabor y una textura pobre y en general constituye una pérdida de ganancias para el manufacturero.(35)

El método común para preparar embutidos tales como las salchichas, es: colocar la carne picada o magra, hielo o agua y sal en un tazón con cuchillas adaptadas, donde se mezclan estos ingredientes durante uno a cinco minutos, posteriormente se agrega la grasa y se continua el mezclado durante varios minutos hasta obtener la textura deseada.

El agua y la sal se agregan inicialmente a la carne con el fin de solubilizar las proteínas solubles en soluciones salinas.(28)

Los rellenos de tipo almidón se agregan después de la grasa, debido a que su poder emulsificante es muy pobre, y su función primordial es la de enlazar agua.(25)

Son varios los factores que influyen en la preparación de una emulsión estable, aunque estos factores pueden a su vez ser afectados por el tipo de equipo utilizado, y por la selección de ingredientes.(17)

## TIPO DE CARNE.

La calidad de un embutido varía considerablemente según los diferentes tipos de carne. Esta última se clasifica según su capacidad enlazante en: alto, medio y bajo.

El factor importante que gobierna las propiedades enlazantes de la carne, es la cantidad de proteína extraíble, y principalmente la cantidad de proteína soluble en soluciones salinas. Aun cuando se utilice una carne de buena calidad y se siga un procedimiento correcto de extracción, los resultados pueden variar debido a la condición de la carne. (64)

Existe una gran diferencia entre carne pre-rigor y post-rigor, entre carne fría y congelada.

La carne enfriada proporciona una menor cantidad de proteína extraíble que la carne congelada, pero las proteínas solubles extraídas a partir de la carne congelada parecen tener una menor capacidad emulsificante que las extraídas a partir de la carne fría. (7)

Otra desventaja de la carne sobre, es su generalmente alto contenido de colágeno, que es una proteína que se asocia con el tejido conectivo.

El colágeno no solo carece de propiedades enlazantes, sino que además ocasiona un entortamiento, cambiando la estructura a temperaturas sobre 60 grados centígrados. Con un calentamiento posterior, y en presencia de humedad, se convierte en gelatina, pudiendo formar grumos o bolsas gelatinosas, y una cubierta gelatinosa sobre la envoltura. (50)

## TEMPERATURA.

La extracción de proteína con sal y agua, debe llevarse a cabo a bajas temperaturas, sin embargo, es deseable un aumento en la temperatura con el fin de lograr la formación de una emulsión estable.

La temperatura requerida no debe ser alcanzada a expensas de un período prolongado de mezclado, ya que este afectaría a la emulsión. Para embutidos frescos se requieren temperaturas menores, con el fin de lograr una mejor y más prolongada vida de anaquel. (31)

Cuando las emulsiones son preparadas directamente en el cortador, las temperaturas finales deben estar entre los 10 y 15 grados



centígrados, pero si se usa un homogenizador para emulsiones cocidas, la temperatura puede subir hasta los 21 grados centígrados. (43)

#### TIEMPO Y VELOCIDAD DE MEZCLADO.

La velocidad de mezclado puede tener un importante efecto en el tipo de emulsión producida y el peso de grasa que puede ser emulsificada.

En el cortador, un corte limpio de las fibras de la carne mediante movimientos rápidos y filosos de las cuchillas, asegura una mejor liberación de la proteína, que el uso de cuchillas faltas de filo, que débilmente seccionan las fibras cónicas durante esta operación. (17)

A una velocidad alta de mezclado, la mayor fuerza de corte romperá las partículas de grasa en partículas más pequeñas capaces de ser cubiertas con proteína y formar una emulsión estable. Aunque también, un mezclado demasiado vigoroso durante un período largo de tiempo, va a ocasionar un rompimiento de la emulsión, aun cuando no haya un aumento de temperatura sobre el nivel más alto deseado. (43)

#### PH DE LA MEZCLA.

La capacidad emulsificante de las proteínas solubles en sales, aumenta a medida que aumenta el pH, debido en parte, a que aumenta la solubilidad de las proteínas, y también al aumento o crecimiento de la red fibrilar.

Para obtener carne con un pH alto, se puede utilizar carne pre-rigor, o bien añadir fosfatos alcalinos. (54)

#### ADICION DE GRASA.

Si al momento de la adición de las grasas a la mezcla las proteínas solubles están presentes, las partículas de grasa van a ser recubiertas por estas casi instantáneamente.

La velocidad de adición de las grasas depende de la eficiencia del equipo de mezclado, para asegurar una adecuada dispersión de la grasa. (29)

## CARACTERISTICAS DE UNA BUENA O MALA ESTABILIDAD EN EMULSIONES PARA EMBUTIDOS.

Cuando se cocinan los embutidos cuyas emulsiones son estables, no existe ninguna evidencia de grasa no emulsificada, ni de agua no enlazada o gelatina en la superficie del embutido o en el interior. (32)

Cuando en una emulsión existe grasa libre no emulsificada, esta se muestra como capas de grasa en las partes terminales de los embutidos, o como una cubierta de grasa a lo largo del cuerpo del embutido y también en las partes terminales, o bien en casos moderados, se presenta como una película grasosa sobre la superficie del embutido. (35)

## EMBUTIDOS DE MEZCLA ORDINARIA.

Los embutidos ordinarios son generalmente los semi-secos y los secos que no son productos de tipo emulsificado. (64)

Existe una gran variedad de embutidos dentro de la clasificación de semi-secos y secos, los cuales a su vez pueden presentar diferencias en cuanto a formulación, tamaño de partículas, especias, grado de ahumado y temperatura final.

En el caso de embutidos fermentados, el pH varía de 4.0 a 5.4, y este pH bajo es uno de los dos principales factores para lograr una vida de anaerobias prolongada. El otro factor es el contenido de humedad. Los embutidos semi-secos contienen aproximadamente 50% de humedad, y los secos, aproximadamente un 35% de humedad.

Los embutidos semi-secos pueden ser cocinados (generalmente en un ahumador) hasta una temperatura interna de 50 a 68 grados centígrados. (38)

Los embutidos secos no deben exceder los 30 grados centígrados durante su procesamiento. (28)

La principal diferencia entre embutidos emulsificados y embutidos ordinarios, es el picado inicial de la carne. La principal característica de los embutidos ordinarios se relaciona al tamaño de la partícula. En este tipo de embutidos no se pretende extraer la proteína de la carne o enlazar las partículas de grasa.

En los embutidos emulsificados al inicio del secado, la temperatura no debe exceder de los cero grados centígrados y no debe ser menor de los -15 grados centígrados. La sal, en el caso

de embutidos emulsificados, se agrega junto con el agua y la carne, mientras que en los embutidos ordinarios se agrega al final del mezclado. (35)

Mientras que en los embutidos emulsificados la capacidad para aglazar agua aumenta, en los productos secos y semi-secos, la pérdida de agua es un requerimiento.

Antes embutidos, tanto los ordinarios como los emulsificados, pueden ser vendidos frescos o bien pueden ser sometidos a procesos posteriores como ahumado, cocimiento o curado, y en el caso de los embutidos ordinarios pueden también ser sometidos a un proceso de secado y fermentado. (31)

#### EMBUTIDOS AHUMADOS.

Existen dos tipos de embutidos ahumados: los cocinados y los secos.

Los embutidos cocinados y ahumados son del tipo de las salchichas (Frankfurter, en donde el cocimiento es llevado a cabo con calor húmedo, ya sea vapor, o baños de agua caliente, o bien, después del ahumado, la temperatura del ahumado se aumenta y el cocimiento se lleva a cabo mediante calor seco.

El propósito del ahumado es darle el sabor característico a la carne, proporcionar también un color más oscuro, y ayudar a prevenir el desarrollo de rancidez y el crecimiento de bacterias. (14)

En el caso de cocimiento húmedo, el efecto preservativo del humo se pierde, y la única ventaja es la obtención de un buen sabor y color.

El proceso de ahumado involucra un período inicial de secado debido a que hay un contenido desigual de humedad y especialmente el agua libre de la superficie daría lugar a un color no uniforme. (28)

El período de ahumado es usualmente llevado a cabo a bajas temperaturas y con los reguladores del tiro de la chimenea cerrados para lograr una alta densidad de humo; y el tiempo de exposición al humo va a depender de la densidad del humo y del contenido de humedad de la superficie del embutido, así como el grado de sabor ahumado requerido por el producto.

Cuando las salchichas son delgadas, frescas y se tiene una buena circulación de humo denso, el tiempo de ahumado puede ser tan corto como cinco minutos. (59)

También pueden usarse ahumadores líquidos, los cuales pueden ser incorporados en la sección del esbutido, o bien, una vez terminado el esbutido puede sumergirse en el humo líquido, o bien esparcirse en el ahumador y en el secador.

Las ventajas de este tipo de ahumador, es el control que se tiene en la intensidad del ahumado, equipo más limpio, y la remoción de posibles compuestos carcinogénicos.

Una desventaja es la dificultad para reproducir el mismo sabor ahumado y color a los esbutidos. (28)

#### ESBUTIDOS SECOS.

Los esbutidos pueden ser cocinados por inmersión en agua caliente, por calor seco en un ahumador o equipo similar; o mediante una combinación de ambos utilizando calor húmedo, vapor y aire caliente.

La cocción debe continuarse hasta alcanzar la temperatura interna deseada, y en ese punto se debe parar. (64)

Una temperatura interna final alta (68 a 72 grados centígrados), aumenta la vida de anaquel y mejora el desarrollo de color en esbutidos curados, sin embargo, ocasiona una disminución de ganancia debido a que se reduce la capacidad de retención de agua. (17)

Si los esbutidos están en envolturas impermeables a la humedad, una temperatura más alta puede inducir un rompimiento de la emulsión. Una temperatura final de 66 a 68 grados centígrados es usual en un cocimiento a una temperatura de 68 a 76 grados centígrados. (43)

Los esbutidos cocinados en ahumadores modernos con la humedad relativa controlada, pueden perder 5-10% en peso durante su cocimiento. (48)

Una humedad relativamente alta, disminuye el tiempo de cocimiento y reduce la pérdida en peso, sin embargo, puede ocasionar un rompimiento de la emulsión. (64)

Si hay formación de cápsulas de grasa o si se forma una capa grasosa sobre la superficie, se recomienda disminuir la humedad relativa a 25% o menos. Para esbutidos de diámetros grandes, que se cocen mediante calor seco, se recomienda cocinar con aumentos graduales de temperaturas. Esto previene un sobrecalentado de la parte externa del esbutido, y la producción de un centro no cocido. (31)

Uno de los principales problemas en la manufactura de productos emulsificados es el de balancear la cantidad y calidad de proteína, en función del valor nutritivo, funcionalidad del proceso y costo. Debido a esto, en adición a las proteínas de la carne, se han usado una gran variedad de ingredientes no cárnicos que se utilizan con rellenos, agentes enlazantes y agentes extendedores; con el fin de reducir el costo de la formulación y la pérdida de peso del embutido, así como, para mejorar la capacidad de emulsificación, la estabilidad de la emulsión, el potencial de retención de agua, el valor nutritivo y las características sensoriales del producto. (39)

Las ventajas de usar este tipo de productos, son: bajo costo, buena estabilidad durante su almacenamiento, buena apariencia y en algunos casos una mejor palatabilidad del producto. (17)

Cuando estos productos son utilizados como aditivos, contribuyen a mejorar el valor nutritivo, sabor y propiedades del producto. Cuando se usan como emulsificantes, retenedores de agua, enlazantes, estabilizantes, pueden alterar o mejorar la apariencia, palatabilidad y textura del producto terminado. (55)

#### PRODUCTOS RICOS EN HIDRATOS DE CARBONO.

Por muchos años, los aditivos no-cárnicos, han sido utilizados con el fin de mejorar las características de las emulsiones al enlazar agua o grasa, lo cual mejora la textura.

Un agente enlazante debe ser capaz de reemplazar algunas de las funciones de la carne en las salchichas, la más crítica, es estabilizar la grasa durante el ahumado y la cocción. (67)

Los aditivos carbohidratados son los almidones y harinas provenientes de cereales y raíces. (35)

El principal propósito de su adición a los embutidos, es con el fin de retener y enlazar agua. Pero sin embargo, en la práctica actual, se ha descubierto que la función de los hidratos de carbono no es la de participar en el proceso de emulsión, ni mejorar la capacidad de retención de agua de la misma carne, los hidratos de carbono estabilizan emulsiones al absorber o enlazar el exceso de agua, esto permite absorber una mayor cantidad de agua que la que la emulsión cárnica por sí misma pueda retener. (58)

#### IV. PROCEDIMIENTO, MATERIAL Y METODOS DE ANALISIS

##### A) PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACION DEL PRODUCTO.

- 1.- Se pica la carne en cubos junto con la papada de cerdo.
- 2.- Se mezcla la grasa, la carne, y la mitad del hielo en el cutter.
- 3.- Se agrega la sal.
- 4.- Una vez formada una pasta, se agregan uno a uno los demás ingredientes, y el hielo.
- 5.- En seguida, se agrega el almidón disuelto en agua caliente para formar una pasta fina y uniforme. La cantidad de almidón que debe agregarse constituye el 10 por ciento del peso de la carne. Para la realización de este experimento se trabajó con diferentes tipos de almidones modificados, los cuales proporcionaron diferentes características a las salchichas. Los almidones involucrados en el experimento fueron tres: Para la formulación No. 1 se utilizó el almidón Papigal, que es un tipo de almidón pre-cocido; para la formulación No. 2 se usó almidón de fécula waxy, que es un almidón con modificación genética, y para la formulación No. 3, se utilizó almidón de tapioca que es un almidón nativo. La formulación No. 4 se elaboró sin almidón.
- 6.- Finalmente se agrega el agente ligador en la misma cantidad que el almidón.
- 7.- Se mezcla en el cutter durante un tiempo aproximado de cinco minutos, el mezclado no debe ser demasiado vigoroso, ya que se corre el peligro de que se rompa la emulsión.
- 8.- Se le determina el pH a la emulsión.
- 9.- Se coloca la pasta en el embudidor, y se embute en tripas naturales de cerdo, previamente lavadas y remojuadas en vinagre durante 24 horas.
- 10.- Se hacen amarres cada 12 centímetros utilizando hilo de canoso.
- 11.- Se colocan las salchichas en un ahumador, y se ahuman durante el tiempo necesario para que alcancen en el centro una temperatura de 62 grados centígrados. La temperatura en el ahumador debe ser de 100 grados centígrados aproximadamente, y a una humedad relativa controlada.

12.- El experimento se elaboró como se indica en el inciso número 5, con un 10 por ciento de almidón en base al peso de la carne utilizada en la formulación. Los resultados no fueron favorables por lo que la cantidad de almidón fue modificada hasta obtener los resultados deseados, quedando la formulación como se indica en la siguiente página.

#### Ingrédients.

1700 GR	CARNE
300 GR	GRASA
6.0 GR	FOSFATOS (ACCOLINE)
400 GR	HIELO
45.0 GR	SAL
30.0 GR	AZÚCAR
1.0 GR	PIRIENTA BLANCA MOLIDA
1.0 GR	PIRIENTA NEGRA ENTERA
0.5 GR	NUZ MASCADA
3.0 GR	NITRISAL
6.0 GR	HUMO LIQUIDO
85.0 GR	AGENTE LIGADOR (HARINA DE TRIGO)
85.0 GR	ALMIDON: PAPISEL (ALMIDON PRE-COCIDO), FECULA WAXY (ALMIDON DE MAIZ CEREO), ALMIDON DE TAPIOCA, (SE UTILIZO LA MISMA FORMULACION PARA TODAS LAS SALCHICHAS. LA UNICA VARIABLE FUE EL TIPO DE ALMIDON. LA FORMULACION No. 4 SE ELABORO SIN ALMIDON.

#### Material.

RECIPIENTE PARA HIELO  
PALANGANA DE PLASTICO  
BASCULA MARCA OHAUS  
CUTTER MARCA HOBART-CAP 5 KILOS  
EMBUTIDORA MARCA WGT- CAP 12 LTS  
CUCHARAS PARA MEDIR  
TRIPA NATURAL DE CERDO  
HILO DE CARAMEL  
MOLINO DE CARNE MARCA HOBART DE 1 HP  
ASERRIN DE CAORA  
ANIMACION TIPO CASERO  
DISCO DE CORTE DE 4 MM.



## B) METODOS DE ANALISIS

En cada uno de los experimentos realizados se hicieron a las salchichas las siguientes determinaciones:

- 1.- Contenido de grasa.
- 2.- Contenido de humedad.
- 3.- Contenido de proteína.
- 4.- Prueba panel de aceptación.
- 5.- Pruebas microbiológicas. (Cuenta total, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella*)

## DETERMINACION DE HUMEDAD

Método de pérdida por secado. (71)

Se pesan de 2 a 3 gramos de la muestra en un pesafiltro puesto a peso constante, secar en la estufa por 3 horas a 100-110 grados centígrados, mas o menos hasta que ya no varien las pesadas. Se deja enfriar en el desecador y se pesa.

$$\text{HUMEDAD} = \frac{\text{Peso del pesafiltro} - \text{Peso del pesafiltro con muestra después de secar}}{\text{gramos de muestra}}$$

## DETERMINACION DE NITROGENO

### Método de Kjeldhal. (47)

- 1.- Pesar dos gramos de muestra en papel.
- 2.- Introducir con todo y papel en el matraz KJELDHAL.
- 3.- Agregar 0.3 gramos de sulfato de cobre pentahidratado, 10 gr sulfato de potasio, 25 mililitros de ácido sulfúrico concentrado verlas de ebullición.
- 4.- Colocar el matraz en la campana y calentar dos horas aproximadamente hasta que cesen los humos blancos.
- 5.- Se calienta una hora hasta que la solución quede clara.
- 6.- Enfriar y diluir con doscientos mililitros de agua.
- 7.- Agregar cincuenta mililitros de hidróxido de sodio al sesenta por ciento fría y una granallas de zinc.
- 8.- Conectar al destilador y colocar un matraz con cincuenta mililitros de ácido clorhídrico décimo normal, con rojo de metilo en la manguera terminal del refrigerante.
- 9.- Calentar hasta destilar doscientos mililitros.
- 10.- Retirar el matraz donde se recibió el destilado y colocar otro con agua.
- 11.- Titular el exceso de ácido con sosa valorada.
- 12.- Determinar el porcentaje de proteína.

En el caso de muestras no homogéneas, como los productos cárnicos se recomienda disolver 1.5 a 2.0 gramos de muestra en 100 mililitros de agua, y tomar una alícuota de 10 mililitros para la destilación.

El objeto de adicionar el ácido sulfúrico es para llevar a cabo la hidrólisis o digestión de las proteínas. El sulfato de cobre actúa como catalizador.

Esto va a degradar la proteína hasta  $NH_3$  desprendiendo humo de  $SO_2$  y  $SO$  que son irritantes.

Al diluir con agua se lleva a cabo una reacción exotérmica, por lo que hay que contrarrestar el calor utilizando un baño de hielo.

Antes de destilar, se agrega hidróxido de sodio al sesenta por ciento con el fin de provocar que el  $NH_3$  se convierta en  $NH_4OH$  que es el que será destilado. La granalla de zinc se agrega con el fin de evitar una ebullición violenta, o una pérdida de la muestra.

Durante la destilación se desprenden vapores de  $N_2$ , los cuales son retenidos por el ácido clorhídrico décimo normal con indicador, colocado en la salida del refrigerante. Aproximadamente deben destilarse doscientos mililitros.

El exceso de ácido se titula con hidróxido de sodio estandarizado. Los mililitros gastados en la titulación sirven para cuantificar la proteína presente.

$$\text{IN } \frac{(\text{ml muestra}-\text{ml blanco}) \times N \text{ NaOH} \times 0.014 \times 100}{\text{Peso de la muestra en gr}}$$

## DETERMINACION DE GRASA CRUDA

### Método de Soxhlet. (71)

Poner a peso constante un vaso de precipitado de 250 mililitros.

Para pesar la muestra, se pesa primero el cartucho, luego se pone la muestra y se vuelve a pesar, se coloca el cartucho en el Soxhlet teniendo precaución de colocar algodón sobre la muestra.

Por otro lado se coloca en un matrón redondo de 300 mililitros, unas piedras de ebullición, 200 mililitros de éter y se conecta al sóxhlet, y este, a un refrigerante de bolas. Se empieza a calentar a 50 grados centígrados controlando la temperatura. Generalmente tres horas son suficientes para extraer toda la grasa, pero se puede hacer una prueba en un vidrio de reloj con las últimas gotas que caen al descargarse el sóxhlet, y si ya no queda ningún residuo, se quita el sóxhlet, se pasa el éter a un vaso de precipitado previamente tarado, y se procede a evaporar con baño de vapor. Finalmente se lleva el vaso a la estufa a 105 grados centígrados durante una hora, para después dejar enfriar y pesar.

$$\frac{\text{Gramos de residuo} \times 100}{\text{Gramos de muestra}} = \% \text{ de grasa}$$

## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

### Detección de *Salmonella*.

1.- **Pre-enriquecimiento.** Transferir 25 gramos de la muestra a un frasco previamente esterilizado que contenga 225 mililitros de caldo tergitol 7. Agitar vigorosamente e incubar a 35 grados centígrados por 18 a 24 horas. (4)

2.- **Aislación de *Salmonella*.** a) **Enriquecimiento.** - Pipetear 1 mililitro del caldo de pre-enriquecimiento en 10 mililitros de caldo de tetrationato y en 10 mililitros de caldo selenito-cistina, e incubar a 35 grados centígrados por 18 a 24 horas. b) **Diferenciación y Selección.** - Para aislar *Salmonella*, se toma muestra del caldo de tetrationato y del Selenito, y se siembra por duplicado en placas de Agar *Salmonella-Shigella* y en placas de Agar Verde Brillante. (6)

En el Agar *Salmonella-Shigella* las colonias se caracterizan por ser pequeñas, transparentes o en ocasiones opacas, y en ambos casos presentan centros negros. En el Agar Verde Brillante las colonias de *Salmonella* se caracterizan por ser pequeñas, rosadas, opacas y rodeadas por una zona color rojo brillante. (11)

3.- **Identificación.** A partir de los medios de diferenciación, tomar con el asa aquellas colonias que se consideren sospechosas, e inocularlas en los siguientes medios:

- Agar TSI.- Sembrar en un tubo inclinado.
- Agar de SIM.- Sembrar por picadura
- Caldo Triptona.- Inocular. (30)

4.- **Interpretación.**

a) **Agar TSI.** - La reacción típica para *Salmonella* se caracteriza por la presencia de un color rojo en la superficie del agar (alcalino), ácido y gas en el fondo del tubo (amarillo con burbujas de gas), generalmente hay producción de sulfuro de hidrógeno a partir de tiosulfato, esto se puede advertir por la presencia en el agar de un precipitado negro que enmascara la reacción ácida, por lo que se recomienda observar el crecimiento a través de una luz.

b) **Agar de SIM.** - La movilidad se indica por una difusión de crecimiento en el medio. *Salmonella* generalmente produce sulfuro de hidrógeno a partir de cistina, que es la fuente de azufre del medio, y esto se indica por un ennegrecimiento del medio, en el caso de microorganismos que no presentan movimiento, el ennegrecimiento se presentará únicamente a lo largo de la línea de siembra.

c) **Prueba de la Ureasa.** - Una vez observada la prueba de movilidad

y la de sulfuro de hidrógeno, se añade al tubo con agar motility sulfide 1.0 mililitros de caldo de Urea sobre el agar. Incubar a 35 grados centígrados por 2 a 3 horas. Salicocilla es ureasa negativa. Cuando esta prueba es positiva, hay un virre de color de rosa claro a rosa fuerte.

d) Prueba de Indol. Añadir de 0.5 a 1.0 mililitros del reactivo de Kovac's al caldo Tripton. Una reacción positiva se indica por la presencia de un color rojo intenso en la superficie del reactivo. Salicocilla es generalmente negativa. (21)

#### Selección de *Escherichia coli*.

1.- Aislamiento. Del caldo de pre-enriquecimiento preparado para *Salicocilla*, tomar muestra con una aza portasa, y estirar la superficie seca de una placa de agar EMB (agar de eosina azul de metileno) y una de agar Mac Conkey. Incubar a 35 grados centígrados por 18 a 24 horas. Las colonias sospechosas presentaron las siguientes características:

a) Agar EMB.- Las colonias características de *E. coli* presentan centros oscuros casi negros, y vistas bajo una luz reflectora, se observa un brillo metálico muy característico de este microorganismo.

b) Agar Mac Conkey.- Son colonias rosas de bordes irregulares. (56)

2.- Identificación. Seleccionar a partir de los medios de aislamiento algunas de las colonias consideradas como sospechosas, e inocularlas a los siguientes medios:

a) Prueba de Indol.- Inocular en caldo Tripton e incubar a 35 grados centígrados por 18 a 24 horas. Después de la incubación añadir 0.5 a 1.0 mililitros del reactivo de Kovac's. Una prueba positiva se indica por la presencia de un color rojo en la capa del reactivo.

b) Prueba de MR-VP. Inocular el caldo MR-VP (rojo de metilo-Voges Proskauer) con la misma colonia utilizada en la prueba anterior, e incubar a 35 grados centígrados por un periodo de 18 a 24 horas. 1) Prueba de Voges-Proskauer.- Transferir 1 mililitro del caldo MR-VP a un tubo limpio. Añadir seis gotas de una solución de alfa-naftol al 5%, dos gotas de una solución de KOH al 40% y agitar. Una prueba positiva se indica por la aparición de un color rojo rubi en un tiempo aproximado de 2 a 4 horas. Esta reacción puede ser acelerada por un ligero calentamiento de la muestra a aproximadamente 45 grados centígrados. 2) Prueba de Rojo de Metilo.- Incubar el resto del caldo MR-VP por 48 horas. Después de la incubación añadir varias gotas de una solución de rojo de metilo. Una prueba positiva se indica por la aparición de un color rojo (ácido).

c) Prueba de citrato. Utilizando la misma colonia que para las pruebas anteriores, inocular una placa de agar de Citrato de

Siemons, incubar a 35 grados centígrados por 24 a 48 horas. La prueba es considerada positiva cuando se presenta un viré de color a azul. (11)

#### Reacción de Pseudomona aeruginosa.

1.- Enriquecimiento. Transferir 10 gramos de la muestra a un frasco que contenga 99 mililitros de caldo de Sora Trypticase, agitar bien e incubar a 35 grados centígrados por un período de 24 a 48 horas. (30)

2.- Aislamiento. A partir del caldo de enriquecimiento, sembrar una placa de agar Cetrimida y una placa de agar Mac Conkey. Incubar las placas a 35 grados centígrados por 24 a 48 horas. En el agar Cetrimida, las colonias se caracterizan por ser pequeñas, redondas, translúcidas, y tienden a unirse unas colonias con otras debido a la movilidad que presenta este microorganismo. En ocasiones presentan un color amarillo verdoso o azuloso. (6)

3.- Identificación. A partir de las colonias aisladas realizar las siguientes pruebas:

a) Prueba de citocromo-oxidasa.- Agregar una gota de una solución de Tetrametil-p-fenilenediamina al 1% directamente sobre una colonia sospechosa de la placa de Agar Cetrimida. Si la prueba es positiva se presenta un viré de color a azul.

b) Licuefacción de gelatina. Sembrar por picadura un tubo que contenga gelatina nutritiva. Incubar a 35 grados centígrados por un período de 18 a 24 horas. Después de incubar, dejar enfriar el tubo por lo menos 20 minutos y observar la licuefacción del medio.

c) Crecimiento a 42 grados centígrados.- Inocular un tubo con infusión de cerebro-corazón e incubar a 42 grados centígrados por un período de 18 a 24 horas. Observar si hay o no crecimiento.

d) Agar de Sellera.- Justo antes de inocular el tubo con la colonia sospechosa, añadir 0.1 mililitros de solución de dextrosa al 50% previamente esterilizada, sobre la pared opuesta a donde se va a sembrar. Incubar a 35 grados centígrados por un período de 18 a 24 horas. (21)

#### 4.- Interpretación.

Prueba	Reacción	P. Aeruginosa
Citocromo Oxidasa	Color azul en 30 sg	+
Licuefacción de Gelatina	+	+
Crecimiento a 42°C	+	+
Agar de Sellera	Superficie color verdoso Fondo del tubo alcalino presencia de gas.	+
(13)	UV. Fluorescencia	+



## Selección de *Sialobacterium succus*.

1.- Aislamiento. A partir del caldo de enriquecimiento para *Pseudomonas*, tomar una muestra con el asa y sembrar en una placa de agar Vogel-Johnson. Incubar la placa a 35 grados centígrados por un tiempo de 24 a 48 horas.(8)

2.- Identificación. Las colonias típicas de *S. succus* son de color negro brillante con una zona amarilla al agar. Si el manitol no es fermentado puede presentar una halo color rojo.(13)

3.- Confirmación por la prueba de Coagulasa. Seleccionar las colonias consideradas como sospechosas y sembrarlas en un tubo con infusión de cerebro-corazón. Incubar a 35 grados centígrados por un período de 10 a 24 horas. Añadir 0.5 mililitros de Coagulasa Plasma a 0.2 mililitros de caldo de cultivo. Incubar a 35 grados centígrados por 4 horas y checar si hay o no coagulación. Continuar la incubación hasta las 24 horas y recheckar. Cualquier grado de coagulación por muy ligero que sea se considera como positiva.(56)

## PRUEBA PANEL DE ACEPTACION

Se utilizó una prueba de escala que consiste en indicar una cierta intensidad en relación a un atributo específico dentro de una escala fija.

Esta prueba se realizó con 50 panelistas, los cuales tenían las siguientes características:

Sexo : Femenino

Edad : 20 a 40 años

Estado civil: Casadas

Ocupación: De preferencia amas de casa.

Para que la prueba sensorial resulte lo mejor posible, se deben considerar algunos factores como son que los panelistas tengan buena salud, que sientan que se está evaluando su trabajo, y principalmente se recomienda realizar la prueba dos horas antes o después de la comida.

La escala elegida fue numérica y descriptiva, es decir, se establecieron escalas del 1 al 10 considerando al número 1 como "no me gusta" y al número 10 como "me gusta mucho". Las panelistas evaluaron en cada uno de los diferentes tipos de salchichas 4 atributos: apariencia, color, sabor, y consistencia. Una vez realizada la prueba, los participantes eligieron en base a estos atributos su salchicha preferida.

Finalmente, en base a todos los resultados obtenidos, se determinó utilizando el método estadístico cual fue el tipo de salchicha y por consiguiente de almidón, que fue más aceptado por los panelistas.

Para la evaluación de esta prueba se determinó el rango y la media estadística de las 50 evaluaciones determinadas para cada uno de los atributos evaluados.

HOJA DE EVALUACION PARA LA PRUEBA  
PANEL DE ACEPTACION.

SEXO :

EDAD :

OCUPACION :

APARIENCIA

NO ME GUSTA

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ME GUSTA MUCHO

COLOR

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

SABOR

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

CONSISTENCIA

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

SALCHICHA No. 1

ROJO

SALCHICHA No. 3

NEGRO

SALCHICHA No. 2

VERDE

SALCHICHA No. 4

AZUL

## V. RESULTADOS, DISCUSIONES Y CONCLUSIONES.

### A) RESULTADOS FINALES.

A continuación en los cuadros 7 y 8 y en la figura 16 se tienen los resultados promedio del análisis bromatológico de las cuatro salchichas, así como también los resultados del análisis microbiológico y de las pruebas panel de aceptación respectivamente.

## B) DISCUSIONES.

El experimento se realizó dos veces y en ambos casos los parámetros críticos a lo largo del experimento fueron los siguientes:

1.- Tipo de almidón.- En cada una de las pruebas se experimentó con tres fórmulas diferentes en donde los ingredientes y el método de preparación fueron los mismos y la única variable fue el tipo de almidón. Se identificaron de la siguiente manera en ambos experimentos:

Salchicha #1.- Elaborada con almidón Papigal (almidón precocido). Arenal

Salchicha #2.- Fécula waxy (almidón de maíz duro). Arenal

Salchicha #3.- Almidón de tapioca. Arenal

Salchicha #4.- Elaborada sin almidón.

2.- Tiempo de cocimiento.- En cada uno de los experimentos se determinó el tiempo que tardaba cada uno de los diferentes tipos de salchichas en alcanzar los 62 grados centígrados en su centro.

3.- pH de la emulsión.- En cada uno de los experimentos se determinó el pH a las diferentes emulsiones para comparar el efecto que tiene cada uno de los tipos de almidón en esta variable, y en la consistencia final de la salchicha.

4.- Cantidad de grasa libre.- Este parámetro se midió en cada experimento con el fin de determinar la influencia del almidón en la emulsificación de la grasa.

5.- Capacidad de retención de agua.- En cada experimento se midió la retención de agua en cada uno de los tipos de salchichas, ya que este parámetro es importante para las características sensoriales finales del producto, y para el rendimiento en peso de este.

En las tablas 4.5 y 6 (Anexo) se muestran los resultados obtenidos en todos los análisis practicados a las salchichas.

En el cuadro No. 4 (anexo), se muestran los resultados de los parámetros críticos medidos a cada una de las salchichas en ambos experimentos realizados.

En la figura No. 7 (anexo), se observa que en cuanto al parámetro de retención de agua, se lograron muy buenos resultados obteniendo una mayor retención de agua con el almidón Papiquel, que es una almidón pre-cocido. Este resultado se esperaba, ya que este almidón posee una mayor habilidad de los gránulos para retener agua. Sin embargo los resultados obtenidos con los otros dos almidones son semejantes, y demostraron también haber retenido un mayor porcentaje de agua que las salchichas elaboradas sin almidón. Este parámetro es importante ya que va a ejercer una gran influencia en las características sensoriales y físicas del producto, además de que al final del proceso se van a obtener mejores rendimientos, lo que constituye una mayor ganancia para el manufacturero.

En la figura No. 8 (anexo), se puede observar, que con el almidón Papiquel se logra una mejor dispersión de las partículas de grasa, las cuales al momento de ser adicionadas a la mezcla, son recubiertas casi instantáneamente por las proteínas solubles. La función del almidón es la de enlazar agua y lograr una emulsión estable que permanezca después del cocimiento, del enfriamiento y del almacenamiento. Las propiedades que tienen los gránulos de almidón pre-cocido de enlazar mayor porcentaje de agua, es la que a su vez permite la formación de emulsiones más estables y con ésto se logra una mejor dispersión de la grasa en la mezcla. El efecto que tiene el uso de almidones en la emulsificación de la grasa es muy marcado, ya que en el caso de las salchichas 1, 2 y 3, se observó un menor contenido de grasa libre en comparación con la salchicha No. 1. Este parámetro es sumamente importante para la calidad final del embutido, ya que en una emulsión donde existe grasa libre no emulsificada, esta se va a mostrar como una cubierta gelatinosa o una película de grasa a lo largo de la superficie del embutido, lo que le imparte una mala apariencia al producto terminado.

De la figura No. 9 (anexo), no se puede deducir que la presencia de los almidones en la mezcla del embutido, ejerza alguna influencia en la concentración de proteína, ya que no existe un lineamiento en el comportamiento de los resultados que así nos lo indique. La concentración de proteína está en función de la cantidad y calidad de la carne, y para la realización de estos experimentos, se utilizó la misma calidad de carne, y en las mismas cantidades. Otro problema en la manufactura de embutidos tipo salchicha, es el de balancear la calidad y cantidad de proteína, agregando otro tipo de aditivos, en función del valor nutricional, ya que estos productos son consumidos principalmente por niños, sin embargo, las posibilidades son tan extensas que se requiere de otro estudio aparte, por lo que no se incluye en esta tesis.

En la figura No 10 (anexo), se observa que el pH de la emulsión fue muy similar en todos los casos, siendo más alcalino en las salchichas elaboradas con almidón, sin embargo todos se mantuvieron entre 5 y 7. La importancia de tener un pH alto radica en el concreto de que la capacidad emulsificante de las proteínas aumenta a medida que aumenta el pH, ya que en este rango de pH se aumenta la solubilidad de las proteínas y el estiramiento de la red fibrilar. Sin embargo, un pH menor de 5 o mayor de 7 tiende a disminuir la temperatura de gelatinización y a acelerar el proceso de cocimiento, esto provoca la formación de una emulsión poco estable en donde puede presentarse una separación de grasa y agua, ocasionando así una pérdida de peso y un sabor y textura pobres.

Por los resultados obtenidos, el efecto que tiene la presencia de almidón sobre el pH de la mezcla es el de elevarlo. En el caso de las salchichas elaboradas sin almidón, los fosfatos alcalinos son los únicos que elevan el pH de la mezcla.

De la figura No 11 (anexo) se puede deducir que el tiempo de cocimiento de las salchichas si se vio influenciado por la presencia del almidón en ellas. El tiempo de cocimiento más corto fue dado en la salchicha número 1, lo cual también era de esperarse, ya que el almidón Panigel durante su elaboración pasa por un proceso de cocimiento previo, lo que permite que el tiempo de cocimiento de las salchichas elaboradas con este tipo de almidón sea más corto.

En el cuadro No. 5 (anexo), se observa que en el primer experimento el indicador Salmonella resultó positivo, de ahí la necesidad de realizar nuevamente el experimento para tomar algunas medidas con el fin de eliminar la Salmonella, ya que este microorganismo se considera patógeno y puede causar daños a la salud humana.

Para realizar el segundo experimento, se mejoraron las condiciones de asepsia, lo que llevó a la eliminación de Salmonella.

Finalmente la prueba panel se realizó con las salchichas elaboradas en el segundo experimento, con el fin de conocer la preferencia del consumidor sobre los cuatro diferentes tipos de salchichas.

En el parámetro de apariencia lo que se mide es que tan atractiva es cada una de estas salchichas para el consumidor. Según los resultados observados en la figura No. 12 (anexo), la media estándar más alta fue para la salchicha No. 1, lo que indica que la apariencia física de esta salchicha fue la que más gustó a los panelistas. Este resultado puede deberse a que al retirar la salchicha No. 1 mayor porcentaje de agua que las

otras, se favoreció la textura y jugosidad del embutido, cualidades que hacen que el producto sea más apetecible. Mientras que principalmente la salchicha No 4 mostraba una apariencia pobre, ya que la superficie del embutido era rugosa y dura a diferencia de las otras. Todas estas características ejercen una gran influencia sobre el consumidor, ya que el primer contacto que tiene este con el producto es el superercedo es el visual.

Al evaluar el parámetro de color, no se observaron grandes diferencias entre las medias estándar correspondientes a cada una de las cuatro salchichas evaluadas, lo que indica que el color fue encontrado muy semejante por los panelistas en todas las salchichas.

Estos resultados se deben posiblemente: primero, a que los tipos de almidones que se agregaron a las salchichas 1,2 y 3 no influyeron en el desarrollo del color. Segundo, es que todas las salchichas fueron cocinadas en una sola tanda y por consiguiente a las mismas condiciones, no existiendo ninguna diferencia en temperatura, densidad del humo y humedad relativa dentro del ahumador.

Sin embargo, en la figura 13 también se puede hacer notar que las medias estándar de todas las salchichas están por encima de 5, el cual es considerado como un valor medio, lo que nos indica que el color de los cuatro diferentes tipos de salchichas tuvieron una buena aceptación en los consumidores, ya que todas presentaron un color oscuro y uniforme debido al proceso de ahumado.

En la gráfica No. 14 (anexo), se muestran los resultados de la evaluación del parámetro de consistencia. De la gráfica se puede decir, que el uso de los almidones en las salchichas 1,2 y 3 proporcionaron a las salchichas una consistencia más aceptable para el consumidor que la salchicha elaborada sin almidón.

Ya que, mientras que los valores de la media estándar para cada una de las salchichas elaboradas con almidón, no difieren mucho entre sí, entre estas y la salchicha número 1 sí existe una diferencia de un rango de 0.233. Esta diferencia puede atribuirse a que aunque todas las salchichas presentaron una consistencia firme y suave, las salchichas elaboradas con almidón presentaron una consistencia más compacta y blanda a la vez que fueron más suaves al corte y jugosas que las otras. Todos estos factores ejercieron una influencia positiva sobre los panelistas.

De las salchichas elaboradas con almidón, la número 1 elaborada con un almidón pre-cocido, fue considerada la de mejor consistencia en comparación con las demás.



En cuanto a la figura número 16, se observa que la salchicha 1 fue la mejor evaluada por los consumidores con respecto al parámetro de sabor. Este parámetro es sumamente importante pues es finalmente el que influye sobre el consumidor para comer nuevamente el producto.

Las salchichas que incluían el almidón en su formulación obtuvieron una calificación mas alta que la salchicha elaborada sin almidón. Esto puede ser debido a que aunque el almidón no imparte ningún sabor particular a la salchicha, sí influye en el mejoramiento del sabor al ayudar a la salchicha a retener un mayor porcentaje de agua. Esto solo puede explicarse de esta forma ya que en la elaboración de las cuatro salchichas se utilizaron los mismos ingredientes de igual calidad, por lo que no se puede hacer referencia a ningún otro factor.

El rango de diferencia entre el promedio de las medias estándar de las salchichas 1,2 y 3 y la media estándar de la salchicha 4 es de 0.2033, lo que indica que tampoco en este parámetro se detecta una gran diferencia, sin embargo, sí se nota una preferencia de los panelistas por las salchichas elaboradas con almidón.

Si comparamos la media estándar de las salchichas 1,2 y 3, también se puede notar que no existe mayor diferencia entre ellas, aunque la mejor evaluada por los panelistas fue la número uno.

### C) CONCLUSIONES.

En lo referente al parámetro de retención de agua se puede concluir que el uso de almidón en las salchichas sí tuvo el efecto que se esperaba al lograr retener mayor contenido de agua que las salchichas elaboradas sin almidón. De los tres almidones probados, el que dió mejores resultados fue el Papigol (almidón pre-cocido.)

El uso de almidón disminuye el porcentaje de grasa libre presente en el producto final. En cuanto a este parámetro los mejores resultados fueron alcanzados con el almidón Papigol.

El uso de almidón no ejerce ninguna influencia sobre el porcentaje de proteína.

En lo referente al pH, el uso de almidones eleva su valor en la mezcla, lo cual ayuda a mejorar la estabilidad de esta.

El uso de almidones en la elaboración de salchichas disminuye el tiempo de cocimiento de estas, obteniéndose con el almidón Papigol el tiempo de cocimiento más corto.

En lo referente al parámetro de apariencia, el uso de almidones la mejora, obteniéndose una mejor evaluación sensorial con la salchicha elaborada con almidón Papigol.

La presencia de almidones ejerce una influencia positiva sobre el parámetro de sabor.

El color es un parámetro que no está influenciado por el uso de almidones, ya que no se nota una diferencia grande en las evaluaciones de las diferentes salchichas.

La presencia de almidones en las salchichas sí tiene una influencia positiva sobre el parámetro de consistencia, obteniéndose los mejores resultados con el almidón Papigol.

Por las conclusiones anteriores, el objetivo de la tesis fue alcanzado, ya que se evaluó el comportamiento de los almidones en la elaboración de embutidos tipo salchicha, y se determinó que con la adición de estos se aumenta notablemente la retención de agua en las salchichas, se disminuye el tiempo de cocimiento, y se logran mejoras en las características sensoriales del producto.



**CUADRO 3. CONCENTRACION CRITICA DE LOS ALMIDONES  
MAS COMUNES**

<u>ESPECIE</u>	<u>VALOR DE LA CONCENTRACION CRITICA (%)</u>
PAPA	0.1
SORGO	1.0
TAPIOCA	1.4
MAIZ	4.4
MAIZ CEREO	1.6
TRIGO	5.0
MAIZ CON ALTO CONTENIDO DE AMILOSA.	20.0

**CUADRO 4: RESULTADOS DE LOS PARAMETROS CRITICOS OBTENIDOS EN LOS DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS.**

PARAMETRO	SALCHICHA 1		SALCHICHA 2		SALCHICHA 3		SALCHICHA 4	
	EXP 1	EXP 2	EXP 1	EXP 2	EXP 1	EXP 2	EXP 1	EXP 2
RETENCION DE AGUA (%)	60.3	59.9	59.0	58.3	55.9	58.0	33.8	33.5
GRASA LIBRE (%)	2.9	3.1	3.4	3.3	3.0	3.2	3.6	3.6
pH	5.7	5.8	5.4	5.6	5.7	6.0	4.9	5.1
TIEMPO DE COCCIMIENTO (min)	20.0	25.0	30.0	30.0	30.0	35.0	40.0	40.0

CUADRO 5: RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS OBTENIDOS EN CADA UNO DE LOS EXPERIMENTOS REALIZADOS.

PARAMETRO	SALCH. 1		SALCH. 2		SALCH 3		SALCH 4	
	EXP 1	EXP 2	EXP 1	EXP 2	EXP 1	EXP 2	EXP 1	EXP 2
<u>Salmonella</u>	+	-	+	-	+	-	+	-
<u>E.coli</u>	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>P. aeruginosa</u>	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>S.aureus</u>	-	-	-	-	-	-	-	-
CUENTA TOTAL	INC	1000 ORG/ML	INC	1000 ORG/ML	INC	1000 ORG/ML	INC	1000 ORG/ML

ESTÁ TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CUADRO 6. RESULTADOS DE LA PRUEBA PANEL DE ACEPTACION.

	APARIENCIA		SABOR		COLOR		CONSISTENCIA	
	( $\bar{X}$ )	(R)	( $\bar{X}$ )	(R)	( $\bar{X}$ )	(R)	( $\bar{X}$ )	(R)
SALCHICHA 1	7.01	6	7.95	5	8.2	2	7.15	4
SALCHICHA 2	6.9	7	7.89	6	8.22	3	7.1	6
SALCHICHA 3	6.48	9	7.9	8	8.18	2	7.02	5
SALCHICHA 4	5.62	7	7.71	6	8.08	3	6.85	6

( $\bar{X}$ ) = MEDIA ESTANDAR

(R) = RANGO



**CUADRO 7: RESULTADOS PROMEDIO DEL ANALISIS BROMATOLOGICO  
 REALIZADO A LAS SALCHICHAS 1,2,3 Y 4 ELABORADAS  
 EN LOS EXPERIMENTOS UNO Y DOS.**

PARAMETRO	SALCHICHA 1	SALCHICHA 2	SALCHICHA 3	SALCHICHA 4
RETENCION DE AGUA (%)	60.1	58.6	58.9	53.7
GRASA (%)	3.0	3.4	3.1	3.6
PROTEINA (%)	2.5	2.7	2.3	2.8
pH	5.8	5.5	5.8	5.0
TIEMPO DE COCIMIENTO (MINUTOS)	20	30	30	40
PRUEBA PANEL	42	21	25	12

CUADRO 8. RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS FINALES  
DE LAS SALCHICHAS 1,2,3 Y 4 ELABORADAS  
EN EL SEGUNDO EXPERIMENTO.

PARAMETRO	SALCHICHA 1	SALCHICHA 2	SALCHICHA 3	SALCHICHA 4
<u>Salmonella</u>	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
<u>Escherichia coli</u>	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
<u>Pseudomona aeruginosa</u>	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
<u>Staphylococcus aureus</u>	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO

**CUADRO 8. RESUMEN DE RESULTADOS DEL ANALISIS  
BROMATOLOGICO Y DE LA PRUEBA PANEL DE  
ACEPTACION REALIZADA A LAS SALCHICHAS  
1,2,3 Y 4.**

ANALISIS	SALCHICHA No.			
	1	2	3	4
<b>ANALISIS BROMATOLOGICO.</b>				
RETENCION DE AGUA (%)	60.1	58.6	56.9	33.7
GRASA (%)	3.0	3.4	3.1	3.6
PROTEINA (%)	2.5	2.7	2.3	2.8
pH	5.6	5.5	5.9	5.0
TIEMPO DE COCCIMIENTO (MIN)	20	30	30	40
<b>PRUEBA PANEL DE ACEPTACION.</b>				
APARIENCIA	7.01	6.9	6.48	5.62
SABOR	7.85	7.89	7.9	7.71
COLOR	8.2	8.22	8.18	8.08
CONSISTENCIA	7.15	7.1	7.02	6.86

FIGURA 7: COMPARACION DE LOS RESULTADOS  
DEL % DE RETENCION DE AGUA DE LAS  
SALCHICHAS 1,2,3 Y 4.

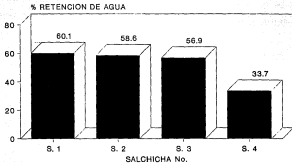


FIGURA 8: COMPARACION DE LOS RESULTADOS  
DEL % DE GRASA OBTENIDO EN LAS  
SALCHICHAS 1,2,3 Y 4.

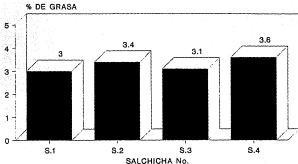


FIGURA 9: COMPARACION DE LOS RESULTADOS DEL % DE PROTEINA OBTENIDO EN LAS SALCHICHAS 1,2,3, Y 4.

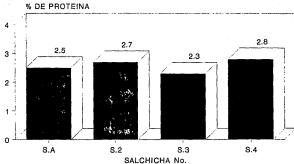


FIGURA 10: COMPARACION DE LOS RESULTADOS DEL PH OBTENIDO EN LAS SALCHICHAS 1,2,3 Y 4.

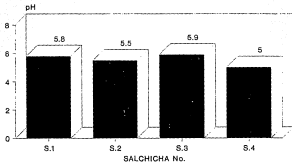


FIGURA 1: COMPARACION DEL TIEMPO DE  
COCIMIENTO DE LAS SALCHICHAS 1,2,3 Y 4.

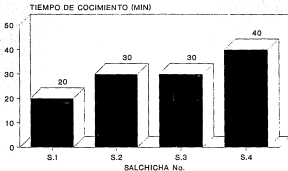




FIGURA 12: COMPARACION DE LA MEDIA ESTANDAR DEL PARAMETRO APARIENCIA

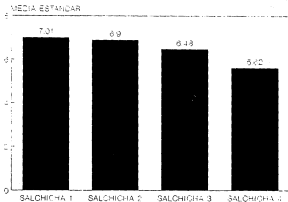


FIGURA 13: COMPARACION DE LA MEDIA ESTANDAR DEL PARAMETRO COLOR.

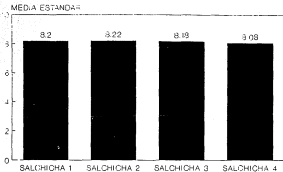


FIGURA 14. COMPARACION DE LA MEDIA ESTANDAR DEL PARAMETRO DE CONSISTENCIA.

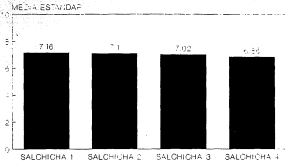
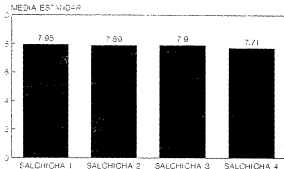
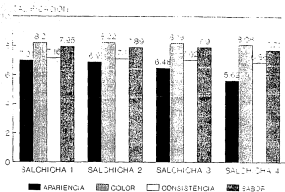


FIGURA 15: COMPARACION DE LA MEDIA ESTANDAR DEL PARAMETRO DE SABOR.



**FIGURA 16: EVALUACION GENERAL DE LA PRUEBA PANEL DE ACEPTACION.**



## VII. ABBREVIATURAS

AGU. - UNIDADES DE AMHIDROSLUCOSA

AGAR TSI. - AGAR HIERRO TRIPLE AZUCAR

AGAR SH. - AGAR SULFURICO-INDOL-MOVILIDAD

AGAR EHS. - ASAñ EOLINA AZUL DE METILENO

CALDO MR-VF. - CALDO ROJO DE METILO-VOSES PROSKAWER

GR. - GRAMOS

MIN. - MINUTOS

ML. - MILILITROS

N. - NITROGENO

N. - NORMALIDAD

NH. - AMONIACO

NH OH. - HIDROXIDO DE AMONIO

R. - RANGO

RPM. - REVOLUCIONES POR MINUTO

SO. - DIOXIDO DE AZUFRE

SO. - MONOXIDO DE AZUFRE

## BIBLIOGRAFIA

- (1) Anónimos "Tipos de Extendedores y Conservación de Productos Cárnicos". Food Product Development 14, 38 (1960)
- (2) Badenhuizen, n.p. "Starch Chemistry and Technology" Vol.1, 1st edition. Chapter V, Academic Press, New York (1965)
- (3) Badui, D.S. "Guía de los Alimentos". Ed. Acribia, Zaragoza, España (1962)
- (4) Baile, R.W; Scott, E.S "Diagnostic Microbiology" 4th edition, The C.V Mosby Co. St Louis, Mo (1974)
- (5) "BBL Manual of Products and Laboratory Procedures" 5th edition, BBL Div of Becton Dickinson and Co; Cockeysville, Md (1968)
- (6) Blair, J.E; Lennette, E.H; Truant, J.P "Manual of Clinical Microbiology" 2nd edition, American Society for Microbiology, Bethesda; Williams and Wilkins Co; Baltimore Md (1974)
- (7) Bloch, B "The meat board meat book". Ed. Mc Graw Hill, New York (1977)
- (8) Buchanan, R.E; Gibbons, N.E "Berger's Manual of Determinative Bacteriology" 8th edition Williams and Wilkins Co; Baltimore Md (1974)
- (9) Cozer, F.W. "Funcionalidad de diferentes rellenos en productos cárnicos". Can. Inst. Fd. Sci. Technol. J14, 295 (1981)
- (10) "Difco Manual" 10th edition. Difco Laboratories, Inc. Detroit, Mich (1984)
- (11) Edwards, P.R; Ewing, W.H "Identification of Enterobacteriaceae" 3rd edition. Burgess Publishing Co, Minneapolis, Minn (1972)
- (12) Effenberger, S y Schotte, K. "Empaquetado de la carne y productos cárnicos". Ed., Acribia, Zaragoza, España (1972)
- (13) "Examination of Foods for Enteropathogenic and Indicator Bacteria" U.S Dept of Health, Education, and welfare, Public Health Service; Washington, D.C (1964)
- (14) Fischer, E.H; Stein, E.A "Alpha Amylases" Vol 4. Academic Press, New York (1960)

- (15) Fischer, R. "Industrias cárnicas: calculos de costos y rendimientos". Ed. Acribia. Zaragoza, Espana. (1974)
- (16) "Food Additives Regulations" Food Starch Modified
- (17) Forrest, J., et al "Fundamentos de ciencia de la carne". Ed. Acribia. Zaragoza, Espana (1979)
- (18) Foster, J.F "Starch Chemistry and Technology" Vol . 1st edition, Chapter IV. Academic Press, New York (1965)
- (19) French, J.B "B-Arriases" Vol 4. Academic Press, New York (1960)
- (20) French, D "Physical and Chemical Structures of Starch and Glycogen" The AVI Publishing Co. Westport, Conn (1969)
- (21) Gibbs, B.M; Shanton, D.A "Identification Methods for Microbiologists" Part B. Academic Press, New York (1968)
- (22) Gillet, T.A., et al "Effects of continuous massaging on bind, yield and color of hess". J. of Food Sci 46, 1681 (1981)
- (23) Helleman (in); Boesch, T.F; Melvin, E.H "Starch Granule Swelling in Water Vapor Sorption" J. Am Chem. Soc (1962)
- (24) Helleman, N.N; Melvin, E.H "Surface Area of Starch and its role in Water Sorption" J. Am. Chem. Soc (1960)
- (25) Hicks, C.L., et al "Los jarabes de maiz en la preparacion de jamones". J. of Food Sci 46, 1626 (1981)
- (26) Hood, L.F et al "Microstructure of modified Tapioca Starch-Milk Gels" J. Food Sci (1974)
- (27) Horton, D "Starch Chemistry and Technology" Vol1. 1st edition. Academic Press, New York (1965)
- (28) Karmes, E. "Sausage products technology". Park Ridge, N.J: Hores Data (1977)
- (29) Keeton, J.T., et al "A comparison of nonmeat proteins, sodium tripolyphosphate and processing temperature effects on physical and sensory properties of frankfurters". J of Food Sci 49, 1862 (1984)
- (30) Larkin, A.I; Lethvallier, H.A "Handbook of Microbiolog" Vol1. CRC Press, Cleveland, Ohio (1973)



(31) Laurie, R.A. "Meat Science". Pergamon Press LTD. Oxford, England (1974)

(32) Leach, H.W "Starch Chemistry and Technology" Vol 1. 1st edition, Chapter XII. Academic Press, New York (1965)

(33) Leach, H.W; Mc Cowen, L.D; Scotch, T.J "Structure of the starch Granule, Swelling and Solubility patterns of various Starches" (1959)

(34) Lee, C.M., et al "A microscopical study of the study structure of meat emulsions and its relationship to thermal stability". J. of Food Sci 46, 1789 (1981)

(35) Levine, A. "Meat handbook". AVI Publishing Co. Conn, N.Y) (1979)

(36) Hanlon, H., et al "Drum drying of tropical sweetpotatoes". J of Food Sci 50, 764 (1985)

(37) Molcan, C.E; Poceranz, Y "Food Analysis Laboratory Experiments" The AVI Publishing Co. Westport, Conn (1973)

(38) Miles, C.W., et al "True and apparent retention of nutrients in hamburger patties made from beef or beef extended with three different soy proteins". J of Food Sci 49, 1167 (1984)

(39) Mittal, S.S and Osborne, W.R. "Meat emulsion extenders". Food Tech. pg 121 Vol No. 2 (1985)

(40) Montejano, J.G., et al "Thermally induced gelation of selected comminuted muscle systems--rheological changes during processing, final strengths and microstructure". J. of Food Sci 49, 1496 (1984)

(41) Molycka, R.R and Bechtel, P.J "Influencia de las condiciones de procesamiento en la calidad y rendimiento del jamon". J of Food Sci 48, 1532 (1983)

(42) Myers, R.R; Krause, C.J "Starch Chemistry and Technology" Vol 1. 1st edition, Chapter XVI. Academic Press, New York (1965)

(43) Oldfield, S.L. "Tecnología para fabricar embutidos". Food. Tech 13, 38 (1979)

(44) Osman, E.M "Effects of Fats and Monionic Surface Active Agents in Starch Pastes" Cereal Chem (1960)

(45) Osman, E.M "Starch: Chemistry and Technology" Vol 2. Academic Press, New York (1967)

- (46) Potana-Amabe, C and Foegeding, E.A "Rheological and stability transitions in meat batters containing soy protein concentrate and vital wheat gluten". J of Food Sci 50, 160 (1985)
- (47) Pearson, D "Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos" Ed. Acribia, Zaragoza, España (1976)
- (48) Pearson y Tauber "Processed meats". AVI Publishing Co. Conn. N.Y. (1975)
- (49) Právisani, C.I., et al "Kinetics of starch gelatinization in potato". J of Food Sci 50, 657 (1985)
- (50) Price, J.F "Ciencia de la carne y de los productos cárnicos". Ed. Acribia. Zaragoza, España (1976)
- (51) Kerr, R.W "Chemistry and Industry of Starch" 2nd edition. Chapter I and II. Academic Press, New York (1960)
- (52) Scoth, T.J; Hayward, E.C "Microscopic Examination of Modified Starches" Anal Chem (1956)
- (53) Scoth, T.J "Starches in Foods" The AVI Publishing Co. Westport, Conn (1969)
- (54) Simunovic, J., et al "Formulations of a pasteurized restructured beef product". J of Food Sci 50, 694 (1985)
- (55) Stig, F "Food emulsions". Natell Deiker, INC. N.Y, U.S.A (1976)
- (56) Speck, H.L "Compendium of methods for the Microbiological Examination of Foods" American Public Health Association. Washington, D.C (1976)
- (57) Thompson, L.D. "Emulsions and storage stabilities of emulsions incorporating mechanically deboned poultry meat and various soy flours". J. of Food Sci 49, 1380 (1984)
- (58) Tsai, T.C., et al "Método para medir retención de agua en la carne". J of Food Sci 46, 697 (1981)
- (59) Uram, G.A., et al "Effects of emulsions, particle size and level of added water on the acceptability of smoked sausage". J of Food Sci 49, 966 (1984)
- (60) Watson, S.A "Determination of Starch Gelatinization Temperature" Methods in Carbohydrate Chemistry IV Starch, 1st edition Academic Press, New York

(61) Whitaker, J.R. "Principles of Enzymology for the Food Sciences" Vol 2. Marcel Dekker., Inc. New York (1972)

(62) Whiting, R., et al "Comparison of rabbit, beef and chicken meats for textural properties and frankfurter processing". J of Food Sci 46, 1693 (1981)

(63) Whiting, R.C. "Stability and gel strength of frankfurter batters made with reduced NaCl". J of Food Sci 49, 1350 (1984)

(64) Wilson, N.R.P. "Meat and meat products: factors affecting quality control". Applied Science Pubs. London (1981)

(65) Wolfrow, H.L.; Khaden, H "Starch Chemistry and Technology" Vol II, 1st edition, Chapter I. Academic Press, New York (1965)

(66) Wurzburg, O.B. Handbook of food additives. "Starch in the food industry". Academic Press, N.Y.

(67) Zayas, J.F. "Structural and water binding properties of meat emulsions prepared with emulsified and unemulsified fat". J of Food Sci 50, 689 (1985)

(68) Ziegler, G.R and Acton, J.C. "Mechanisms of gel formation by proteins of muscle tissue". Food Tech. Pg 77 (1984) Vol No. 4

(69) Zimba, J.V "Food Starches, Types, Characteristics, Advantages, Limitations, Applications" Food Eng. (1965)

(70) Zuber, H.S "Starch Chemistry and Technology" Vol I, 1st edition, Chapter IV. Academic Press, New York (1965)

(71) Hart, F.L., Fisher, H.J "Análisis moderno de alimentos" Primera edición. Ed Acribia. Zaragoza, España (1971)