

300627

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

9
24

UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA

INCORPORADA A LA U.N.A.M.

"OBTENCION DE UN TEXTURIZADO DE
SOYA DE HUMEDAD INTERMEDIA"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

PRESENTA

Vobos
6
Gms ALCALA
6 de 90

Vobos
10/10/90

MAGDALENA MIJARES MUÑOZ

DIRECTOR DE TESIS:
MEXICO, D.F.

Q. MA TERESA ESTRADA ALVARADO

Revisada
13/11/90

Im
QFB. Mijares
9/12/90
Vobos



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 está 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.

**EL PRESENTE TRABAJO SE REALIZO EN EL DEPARTAMENTO DE GRADUADOS
E INVESTIGACION EN ALIMENTOS DE LA ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS
BIOLOGICAS DEL INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL Y PERTENECE AL
PROYECTO "DESARROLLO DE ALIMENTOS PARA LAS PERSONAS EN LA
TERCERA EDAD", CON EL APOYO DE LA DIRECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
E INVESTIGACION Y BAJO LA DIRECCION DE LA M. EN C. YOJA TERESA GALLARDO
NAVARRO.**

INDICE

	PAGINA
Capítulo I. Introducción	1
- Importancia de la soya.	1
- Procesamiento de la soya.	2
- Harina de soya.	3
- Concentrados protéicos de soya.	6
- Aislados protéicos de soya.	6
- Composición de los derivados de soya.	9
- Tecnología de la extrusión.	9
- Elementos y funcionamiento de un extrusor.	12
- Ventajas del proceso de extrusión.	14
- Variables que afectan al proceso de extrusión.	16
- Alimentos texturizados.	17
- Productos de humedad intermedia.	20
Capítulo II. Objetivos	24
- Objetivos.	24
- Metas.	24
- Justificación.	25
Capítulo III. Metodología	28
- Proceso experimental.	28
- Métodos analíticos.	29
- Descripción de los métodos analíticos.	30
- Cuestionario para Escala Hedónica.	36
Capítulo IV. Desarrollo Experimental	37
Capítulo V. Resultados y Discusión de Resultados	41
Capítulo VI. Conclusiones	55
Capítulo VII. Bibliografía	56

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

PAGINA

Figura No. 1. Diagrama de flujo de una planta de extracción de soya por solventes.	4
Figura No. 2. Diagrama esquemático de un desolventizador deodorizador de vapor para remover el hexano de las hojuelas de soya.	5
Figura No. 3. Descripción de tres procesos para la preparación de concentrados de proteína de soya.	7
Figura No. 4. Diagrama del proceso de preparación de aislados de proteína.	8
Cuadro No. 1. Composición de los diferentes productos de la soya.	10
Cuadro No. 2. Aminoácidos de los diferentes derivados de soya comerciales.	11
Cuadro No. 3. Caracterización de la harina de soya desgrasada.	42
Cuadro No. 4. Diseño Experimental I.	43
Cuadro No. 5. Tiempos de hidratación de los texturizados de soya obtenidos.	46
Cuadro No. 6. Diseño Experimental II.	47
Cuadro No. 7. Tiempos de hidratación de los texturizados de soya seleccionados.	48
Cuadro No. 8. Condiciones de proceso seleccionadas para la obtención de texturizados.	49
Cuadro No. 9. Efecto del almacenamiento a 28°C de los texturizados de soya de humedad intermedia durante dos meses.	50
Cuadro No. 10. Efecto del almacenamiento a 35°C de los texturizados de soya de humedad intermedia durante dos meses.	51
Cuadro No. 11. Efecto del almacenamiento a 45°C de los texturizados de soya de humedad intermedia durante dos meses.	52

CAPITULO I

INTRODUCCION

IMPORTANCIA DE LA SOYA

Es bien conocido que las proteínas de fuentes animales son superiores en valor nutritivo a las proteínas vegetales, y esta superioridad ha sido atribuida a la casi ideal relación de aminoácidos esenciales en las proteínas animales. Sin embargo, en grandes sectores, la insuficiencia de recursos económicos ha causado que las proteínas consumidas sean primordialmente de origen vegetal (30).

La soya (*Glicine max*) está tomando importancia considerable debido a la necesidad de suministrar tanto calorías como proteínas en la alimentación de los pueblos pobres alrededor del mundo (30).

El frijol soya es una leguminosa cuya semilla esta compuesta de una cáscara, un hipocotilo y dos cotiledones, y que tiene una composición en base seca como sigue:

	PROTEINA (%)	GRASA (%)	CENIZAS (%)	CARBOHIDRATOS (%)
SOYA (100%)	40	21	5	34
CASCARA (8%)	9	1	4	86
H IPOCOTILO (2%)	41	11	5	43
COTILEDONES(90%)	43	23	5	29

Basados en su contenido protéico, la soya bien puede considerarse como una "semilla protéica" en lugar de "semilla oleaginosa" (36).

En los cotiledones, el aceite está almacenado en pequeños compartimentos llamados esferomas (0.2-0.3 de diámetro), mientras que la proteína se localiza en cuerpos de mayor tamaño (2-20 de diámetro) llamados aleuronas o cuerpos protéicos, los cuales son casi proteína pura ya que consisten en aproximadamente 98% de proteína (3,36). Los esferomas se encuentran dispersos entre los cuerpos protéicos.

Las proteínas de las aleuronas tienen como función principal, el ser de una fuente de reserva que le sirve a la planta durante su germinación. Las proteínas de la soya son solubles en soluciones diluidas de varias sales, insolubles en agua y precipitan en su punto isoelectrico, generalmente en el intervalo 4.2-4.8 (3).

Los carbohidratos estan compuestos por polisacáridos, algunos oligosacáridos como estaquiosa (3.8%), rafinosa (1.1%) y sacarosa (4.5%), y monosacáridos como arabinosa y glucosa en muy pequeñas concentraciones (3).

Se cree que de estos carbohidratos, la rafinosa y la estaquiosa causan flatulencia, puesto que la mucosa intestinal del hombre no posee actividad de la enzima alfa-galactosidasa estos azúcares no se hidrolizan y por lo tanto no pueden ser absorbidos. Por ello, estos azúcares pasan directamente a la parte baja del tracto intestinal, donde presumiblemente son atacados por bacterias anaeróbicas que los metabolizan, dando como resultado dos de los gases principales en flatulencia, bióxido de carbono e hidrógeno (36).

PROCESAMIENTO DE LA SOYA

La estructura ordenada de la semilla de soya se desintegra y los constituyentes se fraccionan durante el proceso comercial para la obtención de variedades de productos protéicos.

El actual sistema de procesamiento de la soya, rinde tres productos principales, clasificados de acuerdo a su contenido de proteína:

PRODUCTO	CONTENIDO PROTEINICO (%)
Harina y sémola integrales	40
Harinas y sémola desengrasadas	50
Concentrados	70
Aislados	90

Las formas más sencillas son la harina y sémola, con un contenido mínimo de proteína de 40%, si el aceite no es extraído, o del 50% si se extrae el aceite. (36).

HARINA DE SOYA.

Las harinas y sémola desengrasadas pueden obtenerse por una extracción del aceite con hexano (Figura 1).

El frijol procedente del campo se limpia y se seca si es necesario, antes del almacenamiento. Al retirar la soya del almacenamiento, para su procesamiento, se limpia la basura residual, se parten los granos y se remueve la cascarilla por aspiración y paso por tamices; luego se condicionan los granos a una humedad de 10-11% y una temperatura de 71°C. Los granos así acondicionados son convertidos luego en hojuelas pasándolos a través de rodillos lisos. En seguida, estas hojuelas (0.0254 mm- 0.0305mm de espesor) se percolan con hexano para remover el aceite. El hexano que contiene el aceite produce el aceite crudo de soya cuando dicho hexano se remueve. En el proceso convencional, estas hojuelas desengrasadas se pesan luego por una "tostadora desolventizadora". Las hojuelas húmedas de hexano entran en la parte superior y pasan a través de una serie de compartimientos hasta el fondo de la unidad (Figura 2).

En los compartimientos superiores se adiciona vapor con el fin de vaporizar el hexano y además para que, al condensarse sobre las hojuelas se eleve su humedad al 20%. En los compartimientos inferiores se aplica calor externo, para aumentar la temperatura hasta los 105°C, por lo cual se cocinan o tostan las hojuelas y se reduce su contenido de humedad. Las hojuelas se secan luego y se entran y muelen (36).

El cocimiento es necesario, ya que la soya, así como otros tejidos vegetales, contiene en su estado natural una gran variedad de factores ant fisiológicos, tales como los inhibidores de tripsina, hemaglutininas, etc. que se inactivan con el calor y de este modo se aumenta la digestibilidad de las proteínas (3,36).

El calentamiento debe estar muy bien controlado para obtener un producto de óptima calidad, ya que si no es suficiente, no se eliminan los factores ant fisiológicos, mientras que un excesivo produce entre otros daños posibles, reacciones de oscurecimiento no enzimático, con la consecuente pérdida del valor nutritivo y de las propiedades funcionales de la proteína (3).

Las harinas y la sémola difieren únicamente en el tamaño de partícula, con un tamaño superior a 100 "malla" son llamadas "sémola", mientras que las inferiores a 100 "malla" son conocidas como "harinas" (27,36).

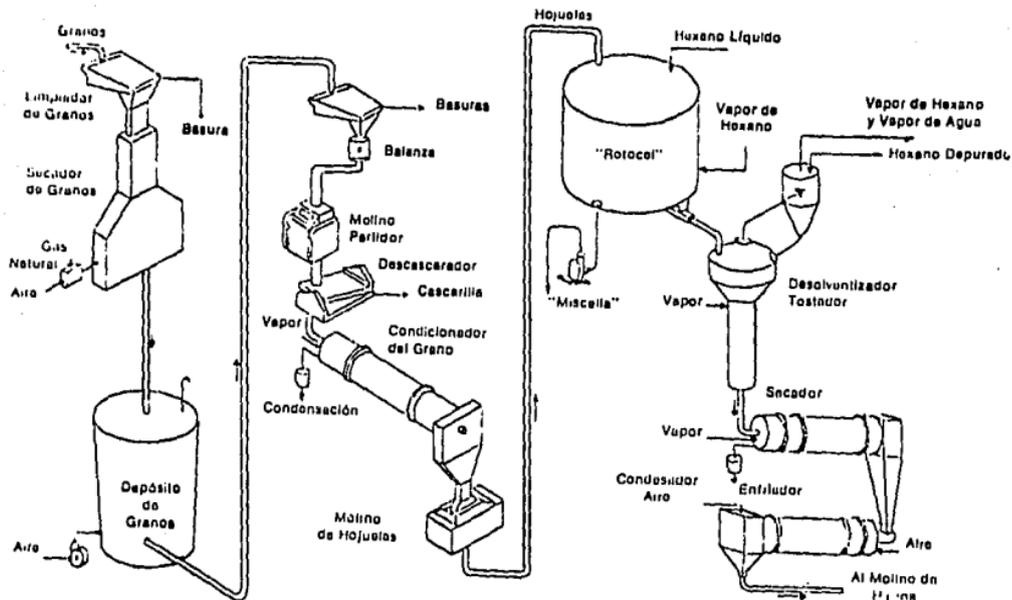


Figura No. 1 Diagrama de flujo de una planta de extracción de soya por solventes.

FUENTE: WOLF, W.J. "PROTEÍNAS COMESTIBLES DE LA SOYA Y SUS USOS DE".

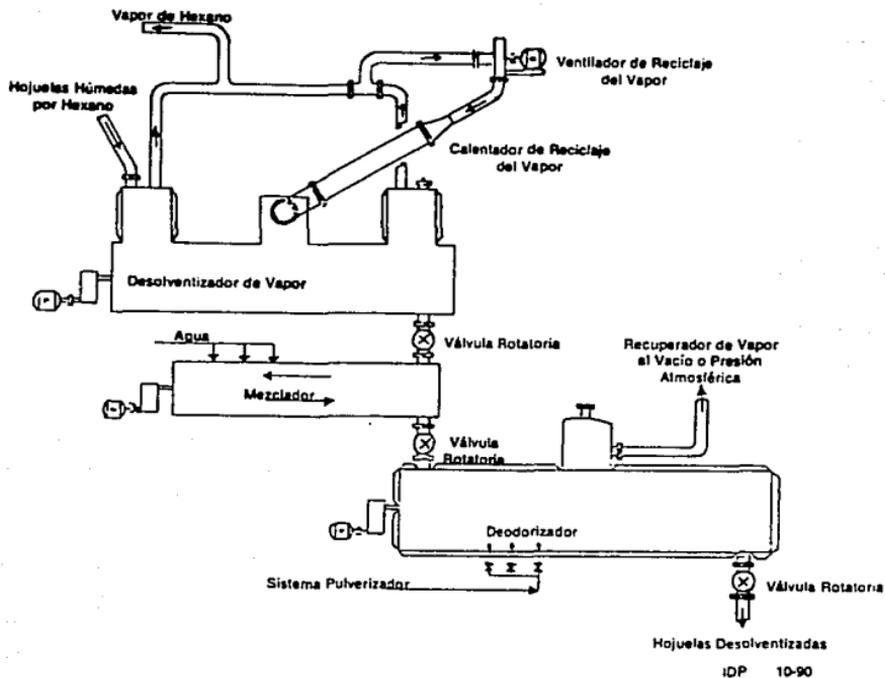


FIGURA NO. 2 Diagrama esquemático de un desolventador deodorizador de vapor para remover el hexano de las hojuelas de soya.

FUENTE: WOLF, W. J. "PROTEINAS COMESTIBLES DE LA SOYA Y SUS USOS" (28)

CONCENTRADOS PROTEICOS

En la obtención de concentrados se elimina la mitad de los carbohidratos y algunos otros componentes de menor importancia (3).

Comunmente se usan tres métodos para la obtención de proteínas concentradas, estos difieren según el modo de inmovilizar la proteína (3) (Figura 3).

En el primer método se utiliza calor húmedo para desnaturalizar o insolubilizar las proteínas de la harina, seguido de un lavado de agua para eliminar los azúcares y otros componentes de bajo peso molecular.

El segundo proceso implica la desnaturalización de las proteínas de soya en su punto isoeléctrico en el que las globulinas y los polisacáridos se insolubilizan y precipitan y posteriormente se neutralizan y se secan.

El tercer método utiliza una solución de alcohol al 60-80% para eliminar ciertas fracciones solubles como los oligosacáridos, parte de las cenizas y algunos otros compuestos de bajo peso molecular; en estas condiciones, las proteínas y los polisacáridos precipitan debido a que son insolubles en alcohol y se pueden recuperar al sujetarlos a una desolventización, quedando un concentrado protéico como resultado final. Figura 3.

AISLADOS PROTEICOS DE SOYA.

Los aislados de soya son la forma más purificada de la soya (a nivel comercial) y se obtienen de los concentrados al eliminarles los polisacáridos, los oligosacáridos y otros componentes, o bien, se obtienen por medio de la extracción de hojuelas desengrasadas con agua o con un álcali ligero ($\text{pH} = 8.5$) y posteriormente centrifugación para separar las hojuelas "agotadas" (principalmente polisacáridos además de alguna proteína residual) (3,27,36).

El extracto resultante se acidifica a un $\text{pH} = 4.5$ donde las proteínas se hallan en el punto isoeléctrico y son insolubles. Este precipitado de proteínas se centrifuga para remover el suero (conteniendo azúcares, cenizas y algo de proteínas). Después de lavarse, el precipitado se seca para producir la forma isoeléctrica, aunque es más común que las proteínas sean neutralizadas y resolubilizadas para finalizar en un secado por aspersion. Dado que este producto protéico final es dispersable en agua, tiene mayor aplicabilidad en la preparación de alimentos que la proteína isoeléctrica insoluble (36).

Hojuetas o Marina Desengrasada de Soya

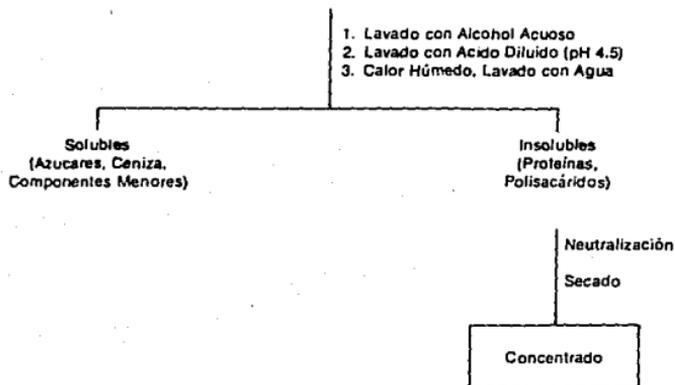


FIGURA NO 3 Descripción de tres procesos para la preparación de concentrados de proteína de soya. Los tres métodos difieren en el solvente usado para extraer los azúcares solubles.

FUENTE: WOLF, W.J. "PROTEINAS COMESTIBLES DE LA SOYA Y SUS USOS" (2)

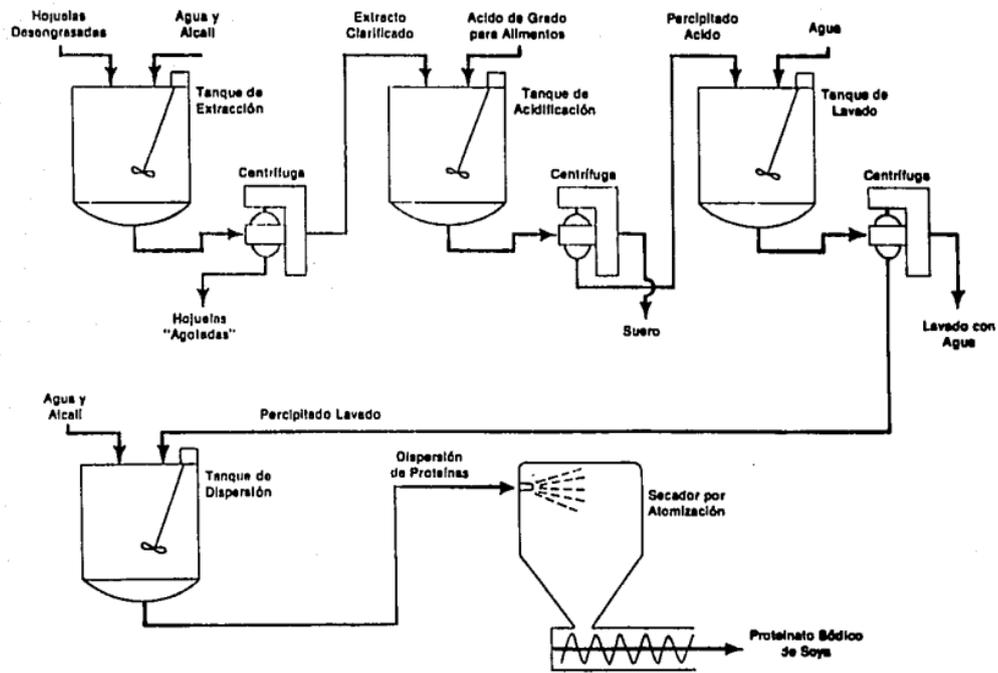


FIGURA 4 Diagrama del proceso de preparación de aislados de proteína

FILM N° 16.71, W. J. INSTITUTOS COMI STROU J DE LA GOYA Y BUD UPON (19)

Actualmente se están fabricando una variedad de productos de proteína de soya para satisfacer necesidades específicas de procesamientos y formulaciones de alimentos; entre los cuales se encuentran las proteínas texturizadas de soya (PTS), siendo los principales usos de estas proteínas sus mezclas con carne molida y su combinación con cereales en alimentos expandidos o saborizados para su consumo directo (13).

Las PTS normalmente se elaboran a partir de harina soya desengrasada que contenga aproximadamente 50% de proteína o a partir de concentrados de proteína (15).

COMPOSICION DE LOS DERIVADOS DE SOYA.

En el Cuadro 1 se presenta la composición de los derivados de la soya, se puede observar como se incrementa el contenido de proteína al eliminar la grasa, los azúcares, minerales y polisacáridos como consecuencia del proceso tecnológico utilizado.

TECNOLOGIA DE LA EXTRUSION.

La habilidad de alterar la estructura de muchas proteínas vegetales, ha potenciado su uso, sobretodo cuando simulan productos convencionales, fundamentalmente cárnicos (14).

En la búsqueda por lograr tales transformaciones se han desarrollado diversos métodos, entre los que destaca la extrusión térmica; se estima que en la actualidad el 95% de las industrias de proteínas texturizadas utilizan esta tecnología. (14).

El proceso de extrusión es ampliamente usado para reestructurar los materiales proteicos y/o con un alto contenido de almidón, y darles forma de alimentos convencionales. Durante el proceso de extrusión, las macromoléculas de los alimentos pierden su forma nativa y su estructura cuaternaria para formar una masa continua fundida (15).

La extrusión es un proceso en el cual los materiales son trabajados mecánicamente y transportados por un tornillo sin fin, donde se realiza la compresión del material y salen a través de un orificio al cual se le denomina dado de salida, que es donde recibe su forma (9). El flujo laminar dentro de los canales del tornillo de extrusión y del dado, alinea las grandes moléculas en dirección del fluido, exponiendo sitios de enlace, los cuales tienden a reasociarse, dando lugar a una estructura expandida de textura masticable en los productos fabricados (15).

La mezcla es preacondicionada mediante mezclado y adición de agua y subsecuentemente transportada a través del tornillo donde la temperatura y presión se incrementan (9).

Un extrusor es básicamente una máquina que simultáneamente transporta, mezcla, corta y da forma a un material bajo elevadas presiones y temperaturas. El diseño del equipo y el modo de preparación determina el tipo y grado de los cambios que ocurren durante el proceso (23).

CUADRO I. COMPOSICION DE LOS DIFERENTES PRODUCTOS DE LA SOYA

	HARINAS		CONCENTRADOS			AISLADOS
	SIN		CALOR			
	DEGRASAR	DEGRABADAS	ALCOHOL	ACIDO	HUMEDO	
PROTEINA	41.5	53.0	68.0	67.0	70.0	80.0
GRASA	21.0	1.0	0.3	0.4	1.2	0.0
HUMEDAD	5.0	5.0	6.7	5.2	3.1	4.7
FIBRA CRUDA	2.1	2.9	3.5	3.4	4.5	0.2
CENIZA	5.2	6.0	5.6	4.8	3.8	3.8

FUENTE: CLASICA DE LOS ALBERITOS. SALVADOR BADA OCEVAL. 1985

CUADRO 2. AMINOACIDOS DE LOS DERIVADOS DE SOYA COMERCIALES

AMINOACIDOS	HARINA DESGRABADA	CONCENTRADOS	AISLADOS	PATRON DE LA FAO
ISOLEUCINA	4.8	4.9	4.8	4.2
LEUCINA	7.7	8.0	7.8	4.8
LISINA	6.2	6.2	6.0	4.2
METIONINA	1.3	1.3	1.0	2.2
CISTINA	1.2	1.6	1.0	2.0
FENILANALINA	5.3	5.3	5.5	2.8
TREONINA	4.2	4.3	3.7	2.8
TRIPTOFANO	1.4	1.4	1.3	1.4
VALINA	4.9	5.0	4.8	4.2

(Gramos de aminoacido por 16 gramos de nitrogeno)

FUENTE: QUIMICA DE LOS ALIMENTOS, SALVADOR BAOLI DEFRAL, 1968.

Elementos y funcionamiento de un extrusor.

El tornillo es la característica central del equipo y su diseño influye grandemente en la operación de la extrusión de un alimento, ya que la mayor transformación molecular del material preacondicionado, ocurre en el tornillo. Los tornillos de extrusión son largos en relación a sus diámetros (9, 15).

Se proporciona calor por la disipación de la energía mecánica que hace dar vuelta al tornillo, por transferencia de calor a través de las chaquetas del barril que rodean al tornillo y/o por la incorporación de vapor de agua inyectado a través de las paredes del barril y mezclado con el producto. A través de hidratación, desnaturalización y ablandamiento, estas adiciones de energía transforman el material alimentado en una masa plástica y viscosa (15).

Las secciones del tornillo son generalmente tres:

--La sección de alimentación, la cual está caracterizada por sus bordes poco profundos, los cuales fácilmente aceptan los materiales alimenticios y comienzan a transportarlos a lo largo del tornillo. Durante el proceso de transporte los materiales son trabajados para formar una masa continua, de tal forma que los bordes del tornillo se llenan completamente con la materia que se está extruyendo.

--La sección de compresión o transición que está caracterizada por la disminución de la altura de las salientes del tornillo o de las restricciones internas, las cuales aumentan la velocidad de disipación de energía del alimento dando como resultado que la temperatura se eleve.

--La sección de medición la cual tiene los bordes con menor profundidad pero la distancia de separación entre ellos es mayor (9). La acción del tornillo está afectada por su configuración y su velocidad de rotación, así como por el tipo de material alimentado (15).

El fluido en el canal es de tipo laminar debido a las relativamente bajas velocidades y muy alta viscosidad de la masa. Las grandes moléculas se alinean en el fluido laminar. Las moléculas alineadas y desnaturalizadas tienen la posibilidad de crear nuevos enlaces y estructuras que dan lugar a una variedad de texturas. Las uniones ocurren entre sitios de enlace expuestos que han sido rotos en la molécula original y que al alinearse quedan relativamente cerca (15).

En el caso de un extrusor de altas temperaturas-corto tiempo (HTST) la temperatura se eleva en la sección de medición lo cual se realiza muy rápidamente y alcanza un máximo justo antes de que el alimento salga por el lado de salida (9).

El control del tiempo y de la temperatura tienen un profundo efecto en las condiciones de la masa justo antes del dado y en el final de la expansión del producto.

Varios métodos se utilizan para el control de temperatura, corte, tensión y estiramiento a través del tornillo. Estos incluyen cambios de humedad y temperatura de los materiales que se alimentan. Los materiales con bajo contenido de humedad requieren más energía mecánica para provocar el fluido, lo que resultará en altas temperaturas y por este motivo pueden aumentar los daños sufridos por las macromoléculas del alimento. Variando las temperaturas de las chaquetas se controlará el deslizamiento en las paredes del barril. Las bajas temperaturas reducen el deslizamiento y aumentan el corte y el esfuerzo requerido para hacer dar vuelta al tornillo.

Controlando el grado de alimentación se controla también la textura del producto. Con un tornillo solo parcialmente lleno la presión del fluido puede ser proporcionalmente significativa, causando mayor circulación en el canal y potencialmente más daños mecánicos en las moléculas del alimento (15).

Otra parte importante del extrusor es el soporte o cabezal, que sostiene el control del manejo, el mecanismo de reducción y el cojinete ensamblado del empuje. Este cojinete se requiere para absorber el empuje del tornillo que se presenta cuando el material es transportado. Casi siempre se incorpora un control de velocidad al diseño del extrusor de tal forma que el fluido de extrusión y las velocidades de cizallamiento se puedan controlar (9).

En lo que respecta a la alimentación, el equipo deberá ser capaz de recibir todo tipo de ingredientes granulados. Cuando se utilizan ingredientes secos de tamaño de partícula regular, se emplea un alimentador simple cónico, siendo este suficiente para mantener el nivel de alimentación y llenar completamente la sección de alimentación del tornillo. Muchas veces el alimentador se constituye de un recipiente a la presión atmosférica o presurizado, donde se adiciona vapor de agua o agua para precalentar o precondicionar los ingredientes (9).

En el precondicionamiento se humedece y/o calienta la mezcla homogéneamente. La mayoría de los acondicionadores poseen uno o dos mezcladores-transportadores que consisten de uno o más ejes rotatorios. Estos elementos imparten muy pequeños cortes al producto, y consecuentemente provocan pequeños cambios en la conformación molecular de la materia prima (15).

El diseño del mecanismo de alimentación en el extrusor es crítico ya que se requiere una suplementación adecuada y uniforme del material a alimentar, evitando que se presenten agitaciones u otros comportamientos erráticos.

El barril de un extrusor está casi siempre hecho en secciones, lo que facilita el desmontaje y el reemplazamiento de la sección del barril a la descarga del tornillo cuando se desgaste, sin tener que cambiar el barril completo (9).

Normalmente el barril de los extrusores para cocción está acanalado en su superficie interna, con el objeto de reducir el resbalamiento e incrementar la capacidad de bombeo del material.

Las chaquetas que rodean al barril de extrusión permiten la circulación de agua fría o vapor, lo que provee un mayor control y flexibilidad de operación.

La chaqueta en la sección de alimentación es casi siempre de enfriamiento, mientras que la chaqueta de calentamiento se encuentra la mayoría de las ocasiones cerca de la parte de descarga del extrusor, con el objeto de incrementar la capacidad de cocimiento. Si se presentara un sobrecalentamiento, la chaqueta también puede ser alimentada con agua fría. En algunos casos la chaqueta de calentamiento se encuentra dentro del tornillo.

Normalmente el dado consiste de un dispositivo con múltiples orificios o ranuras localizadas en un círculo cuyo diámetro corresponde al del centro de los bordes de descarga del tornillo, el material antes de salir del equipo puede estancarse en alguna parte de las paredes del dado por lo que se recomienda el uso de un plato rompedor. Este aditamento consiste de una placa con múltiples orificios, diseñados para incrementar la presión del material, asegurando de esta forma una presión uniforme en la parte anterior del dado y un tamiz para cualquier pieza de alimento dura o no cocida que pudiera entrar y tapar el orificio de salida.

VENTAJAS DEL PROCESO DE EXTRUSION.

- Sencillez.

-- Economía: los requerimientos laborales y de espacio por unidad de producción son menores que en otros sistemas de formación y cocción.

-- Alta productividad: tiene mayor capacidad de producción que otros sistemas de formación y cocción.

-- Alta calidad: en el proceso de extrusión HTST se minimiza la degradación de los nutrientes, mientras que se destruye la mayoría de los microorganismos.

-- No produce efluentes debido al uso mínimo de agua.

-- El proceso es muy versátil: bajo las mismas condiciones básicas de higiene, más los ingredientes apropiados, puede producirse una gama entera de productos alimenticios (con o sin suplementos proteínicos), como cereales para desayuno, alimentos granulados instantáneos, bebidas en polvo, alimentos infantiles, proteínas vegetales texturizadas, harinas precocidas, etc..

- La gelatinización de cereales o almidones (ruptura de moléculas a través de una combinación de humedad, calor, presión y esfuerzo mecánico) por extrusión da como resultado una mayor absorción de agua en el producto extrudido. Dicha absorción mejora la digestibilidad y disponibilidad calórica del producto.

- Puede modificar histológicamente y reestructurar los concentrados de proteína para producir proteínas vegetales texturizadas.

- La brevedad del período de cocción en los sistemas HTST significa menor destrucción del contenido vitamínico que en cualquier otro método de cocción.

-- Los productos cocidos por extrusión tienen excelentes características bacteriológicas, están libres de larvas, patógenos o Salmonella, con lo que su vida de anaquel es superior a la de productos elaborados por otros métodos.

- Los alimentos cocidos por extrusión, además de eliminar el prolongado tiempo de preparación logran una considerable economía en combustible, sobretodo en lugares donde no se dispone de gas o electricidad.

-- Pueden cocerse ingredientes individuales o mezclas, lo que reduce el costo de labor y procesado, además del peligro de contaminación que existe cuando los productos son cocidos separadamente y después mezclados.

- Requiere espacios limitados por toneladas de capacidad de producción y un arreglo adecuado de los componentes del sistema reducirá las necesidades de labor por toneladas de producto.

-- Los extrusores-cocedores consumen menos energía total por tonelada de producto que otros métodos de cocción y son termodinámicamente eficientes

- La mano de obra requerida es menor que en otros sistemas de cocción. (9,14,19).

VARIABLES QUE AFECTAN EL PROCESO DE EXTRUSION

Durante el proceso de extrusión existen diversidad de variables que afectan directamente las características finales del producto obtenido.

Entre dichas variables, se puede mencionar la materia prima, el método de alimentación y preacondicionamiento de los ingredientes y las mezclas, el método y punto de aplicación de la humedad, el control de la temperatura y de los contenidos de humedad del producto que entra al extrusor, el control del punto dentro del extrusor donde la masa presenta viscosidad máxima y el control de la velocidad de extrusión (9,11).

Modificando las condiciones de proceso se pueden obtener grandes diferencias en las características del producto. La apariencia, sabor, color y textura del producto extrudido pueden variar usando diferentes ingredientes, cambiando los dados de salida, diferente configuración del tornillo, mediante la acción de las cuchillas, dando como resultado formas que pueden ir desde ovales, esféricas, redondas, rizadas, etc..

Se ha encontrado que la reducción en el contenido de humedad da como resultado un cambio progresivo de propiedades de gelatinización a propiedades de dextrinización. La gelatinización máxima se observó a un contenido de humedad de 28 a 29%. Por debajo del 20% de humedad, la dextrinización se vuelve predominante durante la extrusión HTST.

Se ha observado que el valor del pH del material a procesar puede afectar significativamente a la calidad del producto extrudido. El color del extrudido también está influenciado por el pH, al aumentar el pH se obtienen productos más oscuros, posiblemente debido al incremento en la caramelización de los carbohidratos.

Se han estudiado los efectos de la fibra en los productos extrudidos. Se encontró que la densidad del producto disminuye cuando la cantidad de almidón se incrementa; aumentando la velocidad del tornillo se encuentra mayor expansión y un producto menos duro, mientras que variando la cantidad de agua en la alimentación no se observa ningún efecto significativo.

El incremento en la temperatura de extrusión, afecta en forma lineal el índice de solubilidad en agua del producto, mientras que la consistencia final de la pasta disminuye, además se observa una disminución en el contenido de carbohidratos no digeribles solubles en etanol (9).

Recientemente, con un extrusor de laboratorio Brabender, se comparó el comportamiento durante la extrusión de harina de soya y aislados de soya y no obstante que la composición de los materiales era diferente, se encontró que ambos podían producir buenos productos texturizados.

El comportamiento de la harina fue más dependiente del contenido de humedad y de la temperatura que el de aislado. Se sugirió que esto podría deberse a que la harina contiene proteína nativa, mientras que la proteína en los aislados estaba desnaturalizada (31). Sin embargo, se sabe que el tipo de ingredientes también influye en el proceso, de modo que a mayor concentración de proteína se eleva y se mejora el grado de texturización, esto probablemente se deba al aumento de sitios disponibles para dar lugar a nuevas interacciones en las moléculas (15). Es bien conocido que es difícil alimentar pequeños extrusores con partículas finas y que el comportamiento durante la extrusión dependerá del tamaño de la partícula (31).

ALIMENTOS TEXTURIZADOS.

Se entiende por un producto texturizado aquel cuya fracción proteínica, generalmente mayor del 50% ha sido modificada a una forma fibrosa, la que al hidratarse simula la textura de carne molida y que a la vez, es capaz de soportar sin pérdida de consistencia, el calentamiento bajo presión de 1 Kg/cm² por un período de 15 minutos (14).

La composición de los productos texturizados es esencialmente idéntica a las materias primas de las cuales se obtuvieron. Así un texturizado seco elaborado a partir de harina de soya desgrasada tiene una composición de: 52, 8, 3, 5, y 1% de proteína, humedad, fibra, cenizas y grasa respectivamente (14).

El proceso de texturización permite obtener un producto fibroso y masticable, características que lo hacen atractivo para la elaboración de cierto tipo de alimentos. Los principales impedimentos al uso directo de proteínas vegetales han sido la carencia de texturas similares a las de la carne, así como también cualidades de sabor y apariencia. Considerados idealmente, los análogos de la carne deben presentar un grado marcado de estructura o características fibrosas de músculo, absorber agua y grasa, así como retener su integridad a través del calentamiento y proceso de flujo, lo cual se da en la industria procesadora de alimentos.

Se han desarrollado varias técnicas para lograr el texturizado de las proteínas, entre las cuales está el método de extrusión, en el cual se parte preferentemente de soya desgrasada o con un bajo contenido de grasa, se humedece y se mezcla frecuentemente con aditivos.

Se ha reconocido como parámetro clave para la texturización, la desnaturalización térmica de las proteínas. En ese fenómeno se observa que las proteínas pierden su naturaleza globular nativa y forma tridimensional por rompimiento de enlaces disulfuro e interrupción de otro tipo de interacciones, formándose así mismo nuevos enlaces e interacciones pero ya en las moléculas alineadas (10).

Las características físicas de textura, densidad, rehidratabilidad y color, en los productos texturizados se pueden alterar a través de la manipulación de varios parámetros de proceso.

En el caso particular de la harina de soya desgrasada se plantea que se puede lograr la máxima expansión alrededor de una humedad de 35% unido a un pH de 5 a 6.5 y temperaturas mayores a 140°C.

Se ha encontrado que la densidad del producto texturizado disminuye en la medida que la temperatura del proceso aumenta. Se reporto una disminución de 1.5 a 1.1 g/cc cuando las harinas de soya se trataron a 130 y 190°C respectivamente. De igual forma se comprobó que la rehidratación está estrechamente relacionada con la densidad, siendo la primera más rápida en la medida que la densidad disminuye (14).

Las proteínas de semillas oleaginosas y aislados proteínicos, han sido utilizadas como emulsificantes en la industria cárnica durante muchos años. Debido a esto una de las aplicaciones del proceso de extrusión es en la producción de proteína vegetal texturizada (PVT) a partir de harinas de semillas de oleaginosas desgrasadas como son: cacahuete, algodón, ajonjolí, soya, etc..

Estas harinas desgrasadas presentan buenas propiedades funcionales para la elaboración de alimentos, como son: índice de absorción de agua, índice de absorción de grasa, índice de solubilidad de nitrógeno, capacidad de emulsificación, textura, etc.

Dichos productos de PVT son rehidratados fácilmente en contacto con el agua, expandiéndose y produciéndose una textura similar a la de la carne (25).

Es relativamente sencillo producir un alimento que contenga proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas, y minerales, lo que puede hacerse al combinar todos los constituyentes en las concentraciones adecuadas. El mayor problema en el desarrollo de nuevos productos alimenticios es elaborar un producto con características adecuadas de textura, sabor y apariencia, de ahí que el éxito de la utilización de proteínas especialmente de origen vegetal en alimentos atractivos y nutritivos depende en gran parte de sus propiedades fisicoquímicas o propiedades funcionales ya que estas son propiedades fundamentales de las proteínas que afectan el comportamiento y características del producto (3,33).

Conviene destacar que la aceptabilidad de muchas proteínas para el uso en alimentos no solo depende de sus propiedades funcionales, sino también del sabor y color de las proteínas utilizadas como ingredientes. En la mayoría de los casos estas proteínas deben ser suaves en sabor y se recomienda que presenten un color neutro, ya que no deben originar sabores y olores peculiares o colores poco comunes cuando se procesen con otros alimentos (33).

Entre los cambios que ocurren durante el proceso de extrusión-texturización podemos citar los siguientes:

- El material protéico se vuelve una masa plástica.
- La estructura de la proteína es reorientada.
- Las proteínas son restiradas, moldeadas y cortadas cuando pasan por el dado.
- La mayor transformación química durante el proceso es la formación de interacciones no covalentes y puentes disulfuro.
- Las reacciones de Maillard entre los azúcares reductores y grupos amino libres reducen la digestibilidad del alimento y su valor nutricional, así como pueden causar oscurecimiento irreversibles.

El grado en que se producen las reacciones de Maillard puede ser controlado por varios factores: una disminución del pH produce las reacciones de este tipo. La temperatura debe ser lo más baja posible así como la velocidad del tornillo para reducir estas reacciones. El contenido de humedad puede ayudar a controlar la temperatura hasta cierto grado. El cocimiento por extrusión reduce la solubilidad de las proteínas. Debido a que ciertas enzimas poseen una energía de activación relativamente alta, el corto tiempo de residencia usado para los tratamientos HTST o ultra-alta temperatura (UHT) no es suficiente para inactivar a todas ellas. La estabilidad térmica de una enzima depende entre otros factores de su compleja estructura proteica.

Elevando la actividad de agua se aumenta la desnaturalización enzimática, a bajos niveles de humedad se requieren condiciones de proceso más severas. Por otro lado, en presencia de un exceso de humedad las enzimas son generalmente más sensibles a la temperatura que los microorganismos y por lo tanto más fácilmente inactivables

Cualquier actividad enzimática residual en el producto extrudido podría tener consecuencias para la conservación del producto durante los procesos a los que pudiera ser sometido posteriormente (23).

El tratamiento térmico también es necesario para mejorar el valor nutricional de la soya y para inactivar varios componentes antifisiológicos.

Ciertas especies animales son incapaces de utilizar el frijol soya crudo, y en ello está generalmente implicado el inhibidor de tripsina (IT) (4).

Entre los efectos biológicos sobre el ser humano de los IT se encuentran:

- Inhibición del crecimiento
- Reducción de la digestibilidad de la proteína.
- Incremento en los requerimientos de los aminoácidos azufrados.
- Agrandamiento del páncreas.
- Estimulación de la actividad de la vesícula biliar.
- Reducción de la energía metabolizable.
- Inhibición de la proteólisis.

Existen diferentes teorías sobre el mecanismo de acción de los inhibidores de proteasas, una de ellas estipula que los inhibidores aceleran la biosíntesis de las enzimas pancreáticas y su secreción en forma continua en el tracto intestinal, lo que trae consigo una mayor necesidad de los aminoácidos azufrados que se requieren para la síntesis de dichas enzimas. Esto causa una deficiencia muy marcada de la metionina y la cistina que de por sí son escasas en la proteína de soya.

Parece que los inhibidores suprimen el mecanismo de retroalimentación que controla la síntesis de enzimas pancreáticas provocando que continúe la secreción de enzimas al intestino con el consecuente consumo de los aminoácidos ingeridos en la dieta.

Otra teoría supone que existe una interacción directa muy fuerte del inhibidor de tripsina y las proteínas del alimento formando un complejo que es muy resistente a la hidrólisis enzimática (3).

Los concentrados y las harinas de soya, particularmente los texturizados, son mas ampliamente usados que otros sustitutos de carnes en productos de carne. Consecuentemente, es muy importante realizar una evaluación de la actividad de los inhibidores de tripsina en productos de carne que contienen dichas preparaciones (18).

En cuanto al aspecto microbiológico, se tiene que *E. coli* y las especies *Staphylococcus* y *Salmonella* se destruyen completamente durante la producción de extrudidos y la cuenta total en placa de microorganismos aeróbicos se reduce considerablemente. Así como *Salmonellae*, otros microorganismos patógenos, insectos y larvas no pueden sobrevivir al proceso y la cuenta de coliformes así mismo resulta negativa después de la extrusión (23).

PRODUCTOS DE HUMEDAD INTERMEDIA

Un factor clave en la estabilidad de los alimentos es la actividad de agua (9). En general, al hablar del contenido de humedad de un producto se refiere uno a toda el agua en forma global que contiene, sin considerar que en la mayoría de los alimentos existen zonas o regiones microscópicas que debido a una alta concentración de lípidos no permiten la presencia de agua, obligándola a distribuirse en forma heterogénea a través del producto.

El agua no solo contribuye a las propiedades reológicas y de textura de un alimento a través de su estado físico, sino que sus interacciones con los demás componentes también interfieren y determinan el tipo de reacciones que se puedan suscitar en el alimento.

El termino "actividad de agua" (A_w) determina el grado de interacción del agua con los demás constituyentes de los alimentos, y es una medida indirecta del agua disponible para llevar a cabo las diferentes reacciones a las que están sujetos.

Este factor se puede calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$A_w = \frac{P}{P_o} = \frac{\%HR}{100}$$

Donde:

A_w = actividad de agua

P = presión de vapor del agua del alimento a temperatura T

P_o = presión de vapor del agua a temperatura T

$\%HR$ = humedad relativa de equilibrio a la cual no se gana ni se pierde agua (3).

A_w puede expresarse también como la fracción molar del agua que es igual a los mol de agua divididos entre la suma de los mol de agua más los mol de soluto:

$$A_w = \frac{N_{H_2O}}{N_{H_2O} + N_{\text{solute}}}$$

De este modo es posible calcular la actividad de agua si se conoce la composición del sistema (16).

El término de "humedad intermedia" (HI) fue introducido a nuestro vocabulario durante la década de los sesentas para identificar un grupo heterogéneo de alimentos, que parecen alimentos secos por su resistencia al deterioro microbiológico pero cuyo contenido de humedad es demasiado para considerarse secos (6).

Las carnes de HI son un ejemplo de este grupo heterogéneo de alimentos que Hollis et. al. definieron como: "...alimentos que están parcialmente deshidratados y tienen una concentración conveniente de sólidos disueltos para atrapar el agua remanente e inhibir el crecimiento de bacterias, mohos y levaduras." (21).

Generalmente se considera como un alimento de HI (AHI) aquel que posee una actividad de agua entre 0.60 y 0.92 y cuya humedad está entre 10 y 40%, pero puede llegar a ser de 50% (24,6,26).

Este intervalo en muchos casos, no incluye a todos los AHI desarrollados y deja dentro algunos que deberían ser considerados como alimentos de humedad alta.

Se puede considerar como un AHI a aquel que cumpla con los siguientes requisitos:

- No permita el crecimiento microbiano.
- Las reacciones deteriorativas se minimicen y
- Posea características sensoriales adecuadas. (26).

Los AHI son plásticos, fácilmente masticables y no producen sensación de resequeza en la boca además son lo suficientemente suaves para ser consumidos sin rehidratación y estables sin refrigeración o procesos térmicos (7,24).

En el desarrollo de productos de HI deben tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- Posibilidad de elaborar el producto.
- El rango de A_w en el producto.
- El sistema de empaque propuesto.

- El método de manufactura propuesto.
- El método propuesto para asegurar la calidad.
- Venta del producto al mercado. (6).

Para determinar el rango de Aw del producto deben considerarse puntos como los siguientes:

-- Tipo de producto. Hay tres tipos de productos de HI:

- a) Los que se consumen como están.
- b) Los que se hidratan para ser consumidos.
- c) Los que se deshidratan para ser consumidos.

-- Estabilidad microbiológica del producto. Si la Aw es utilizada como único factor de conservación, no es fácil determinar a que nivel debe reducirse su nivel, ya que pueden presentarse variaciones individuales de resistencia de los diferentes microorganismos, pero en términos generales puede considerarse que será necesario formular un producto cuya Aw sea menor a 0.6, ya que por encima de este valor se encuentra riesgo de contaminación por ciertos mohos xerofílicos y levaduras osmofílicas. Sin embargo, ya que estos microorganismos son relativamente raros es probablemente satisfactorio tener una Aw de 0.78 si se tienen condiciones adecuadas de manufactura y materiales limpios. Por arriba de este valor, se incrementa el riesgo de contaminación por mohos y levaduras y la formación de micotoxinas se ha demostrado a valores de Aw de 0.83 y mayores. Para conservar el producto en esta región se recomienda el uso de antimicrobianos (8, 16).

Estabilidad Física y Química de los Alimentos de Humedad Intermedia.

En algunas formulaciones de HI las reacciones de oxidación lipídica y de oscurecimiento no enzimático están cerca del valor máximo (6).

Debido a que para la elaboración de texturizados de soja se parte de materiales previamente desgrasados no se tratarán aquí las reacciones de oxidación lipídica.

Reacciones de oscurecimiento no enzimático: aún a Aw bajas la sacarosa puede hidrolizarse para formar azúcares reductores que poseen poder de oscurecimiento. Así, un sistema inicialmente estable, puede volverse susceptible al oscurecimiento no enzimático durante su almacenamiento.

El agua posee una dominante influencia en el oscurecimiento de todos los sistemas con grupo carbonilo, tanto en aquellos donde los grupos carbonilo están presentes desde el inicio, como en aquellos donde dichos grupos se forman durante su almacenamiento.

La aceleración del oscurecimiento puede deberse al incremento en la disponibilidad y la movilidad de los reactivos.

La mayoría de los alimentos tiene poco oscurecimiento a valores de HI.

La tendencia de los alimentos a oscurecerse rápidamente decrece cuando la humedad sigue

aumentando, la razón principal es que en este punto la cantidad máxima de reactivos que pueden ser disueltos están en solución. Si los alimentos de HI pudieran ser llevados a un nivel de A_w arriba del punto máximo de oscurecimiento, sin el deterioro microbiológico, se podría obtener un incremento en el periodo de la vida de anaquel del producto (18).

La disminución de la A_w puede conseguirse por la adición de solutos al alimento, los cuales interactúan con el agua presente no dejándola disponible para las reacciones deteriorativas ni para el crecimiento microbiano. Tradicionalmente estos solutos se añaden como condimentos y comprenden compuestos como la sal común y azúcares (glucosa y sacarosa).

Para lograr una disminución considerable de la A_w , en algunos casos los niveles de concentración de dichos compuestos deberán de ser muy elevados, lo cual afectará las características sensoriales del alimento (26).

En algunos casos puede usarse propilén-glicol que actúa como plastificante, humectante y antimicrobiano (16).

CAPITULO II

OBJETIVOS:

Obtención de un texturizado de soya de humedad intermedia para ser utilizado en la extensión de productos cárnicos que permita proporcionar un alimento de calidad nutricional semejante a la de la proteína de la carne y de bajo costo.

METAS:

1. Establecimiento de las condiciones de proceso para la elaboración de un texturizado de soya de humedad intermedia.
2. Determinación de las características físicas, reológicas y nutritivas del texturizado de soya de humedad intermedia.
3. Estudio del comportamiento del texturizado de soya de humedad intermedia durante un período de dos meses de almacenamiento a diferentes temperaturas.
4. Elaboración de un alimento con base en el texturizado de soya de humedad intermedia.

JUSTIFICACION

La población de escasos recursos de México padece una crisis alimentaria que se ha agravado peligrosamente en los últimos años. Las raciones alimenticias con mayor valor biológico como las carnes, la leche y el huevo han disminuido drásticamente - aún cuando antes de la crisis económica del país ya eran paupérrimas - , hasta desaparecer en algunos casos de las mesas de los hogares mexicanos (20).

Un niño desnutrido es indiferente apático y desatento y tiene una capacidad limitada para comprender y retener hechos, lo que facilita que abandone los estudios o repruebe años escolares. Así mismo, se reduce la resistencia a las enfermedades, llegándose a generar la muerte por inanición; de ésta manera, se estima que el 57% de los fallecimientos de niños menores de cinco años tiene como causa básica o asociada la malnutrición, en tanto que más del 61% de ellos enferma como resultado de una ingestión deficiente de proteínas.

Su supervivencia solo representa un triunfo parcial, ya que el desarrollo de sus facultades físicas y mentales nunca es pleno, limitando su integración productiva a la sociedad y convirtiéndolos en clientes asiduos de las instituciones de salud pública, las cuales son incapaces de superar radicalmente estas deficiencias, en la medida que se practica una medicina más correctiva que preventiva (29).

Con base en estadísticas oficiales se logró determinar la caída del consumo de alimentos entre 1982 y 1986. Entre otros aspectos éstas indican que el consumo de carne de res en canal cayó de 15.8 Kg per cápita, durante el bienio 1981-1982 a 11.6 Kg en los años 1985-1986; el de la carne de cerdo descendió 30.4% entre uno y otro período. Se ha encontrado que la presencia de leche fresca en la dieta de los mexicanos ha bajado 12.7% tomando ambos lapsos como referencia (20).

La mala distribución del ingreso que persiste e impide a los sectores mayoritarios de la población, por insuficiencia de recursos, la compra de alimentos en cantidades y calidades recomendables es la causa principal de la desnutrición del país. Así, no obstante que los sectores de escasos recursos destinan más del 60% de su ingreso total a la adquisición de productos alimenticios, el 40% de la población - que percibe apenas el 10.3% del Ingreso Nacional - no consume ni la sexta parte de la disponibilidad total de estos bienes, los cuales son más bien ricos en carbohidratos y no en proteínas (29).

La salud es la cualidad más importante de la vida humana, potencializa las capacidades del individuo facilitándole su desarrollo óptimo. La salud es la meta de la sociedad.

El hombre puede sobrevivir en un medio insalubre y aún hostil, sin educación, sin vivienda ni amigos, pero no sin alimentos. Estos le proporcionan elementos plásticos y la energía que precisa para vivir. De una buena nutrición depende la calidad de vida que se ejerce.

En el terreno biológico, se encuentra que una buena alimentación demanda que se aporten nutrimentos en cantidades en que se cubran los requerimientos de la persona y que sea equilibrada tanto para favorecer las interacciones armónicas como para evitar las antagónicas (12).

La experiencia ha demostrado que la extrusión de alimentos a bajo costo es una forma efectiva de hacer llegar alimentos con un buen contenido nutricional a personas cuyo estado nutricional y económico indican que los suplementos nutricionales darían como resultado una mejoría en su estado nutricional y su productividad como seres humanos.

En varios países (México, Costa Rica, Sri Lanka, Perú, India y otros) la extrusión de alimentos a bajo costo ha sido utilizada para mejorar los niveles nutricionales de niños en edad pre - escolar, mujeres embarazadas y lactantes, siendo estos los grupos más vulnerables a deficiencias nutricionales, las causas tienen como consecuencia problemas conocidos (8).

En las últimas décadas ha existido un desarrollo científico y tecnológico en el aprovechamiento de la soya, debido básicamente a que sus proteínas son de buena calidad y poseen propiedades funcionales adecuadas para utilizarla como sustituto de proteínas animales en la fabricación de alimentos. Las proteínas de soya se han utilizado como fuentes para elaborar productos de estructura fibrosa, económicos y con un alto valor nutritivo la mayoría de estos productos se elaboran por el proceso de extrusión para ser utilizados como extensores de carne (3).

Algunas de las razones que justifican el uso de proteínas de soya texturizada son:

-- Por su alto contenido en proteína se logra elevar el contenido proteínico del producto terminado, usando bajos porcentajes de Proteína Texturizada de Soya (PTS).

- Las PTS presentan un elevado contenido de lisina que complementa las proteínas deficientes en dicho aminoácido.

- La materia prima está libre de factores antipalatables y antinutricionales.

- El recuento total de bacterias es muy bajo y no se ha conocido la existencia de insectos o larvas en el producto terminado.

- Los productos extrudidos tienen una extraordinaria estabilidad de almacenamiento.

- Aumenta la retención de agua y grasa en el producto terminado y por consiguiente retiene más nutrimentos durante el cocimiento (13).

En el Departamento de Graduados e Investigación en Alimentos de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, se ha desarrollado el proceso para la obtención de texturizado de soya por el método de extrusión. Los texturizados se obtienen con un contenido alto de humedad entre 20 y 30% por lo que se hace necesario un secado adicional para su conservación. Se ha observado que el secado retarda el tiempo de hidratación, modifica el aspecto del producto y lo hace quebradizo. Por lo anterior se considera importante lograr establecer las condiciones de proceso para obtener un producto texturizado de humedad intermedia que permita su conservación y mantenga características sensoriales y tecnológicas

CAPITULO III

METODOLOGIA

A) PROCESO EXPERIMENTAL: Los pasos se describen a continuación.

CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA

ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE PROCESO PARA LA ELABORACION DE UN TEXTURIZADO DE SOYA COMO PRODUCTO DE HUMEDAD INTERMEDIA.

CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE LOS TEXTURIZADOS DE SOYA DE HUMEDAD INTERMEDIA.

OBTENCION DE LOS TEXTURIZADOS DE SOYA SELECCIONADOS POR SUS PROPIEDADES FUNCIONALES.

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS TEXTURIZADOS DE SOYA OBTENIDOS DURANTE SU ALMACENAMIENTO POR UN PERIODO DE DOS MESES A DIFERENTES CONDICIONES DE TEMPERATURA.

OBTENCION DE UN TEXTURIZADO DE SOYA DE HUMEDAD INTERMEDIA SELECCIONADO DE ACUERDO A SU COMPORTAMIENTO DURANTE LOS DOS MESES DE ALMACENAMIENTO.

ELABORACION DE UN ALIMENTO CON BASE EN EL TEXTURIZADO DE SOYA DE HUMEDAD INTERMEDIA SELECCIONADO.

EVALUACION SENSORIAL

B). METODOS ANALITICOS:

1. Determinación de Humedad y Materia Volátil en la Harina de Soya.- Método del A.A.C.C. 44-31 (1).
2. Modificación del Método de Kjeldhal utilizando Acido Bórico.- Método del A.A.C.C. 46-12 (2).
3. Determinación de Cenizas en Harina de Soya.- Método del A.A.C.C. 08-16 (1).
4. Determinación de Fibra Cruda en Harinas.- Método del A.A.C.C. 32-10 (1).
5. Determinación de Grasa en Harina de Soya.- Método del A.A.C.C. 30-26 (1).
6. Determinación de Color por Reflectancia.- Método del A.A.C.C. 14-22 (1).
7. Determinación de la Actividad de Agua.- mediante un Higrómetro Novasina. Kitic y Favetta, 1986 (17)
8. Determinación de la Resistencia al corte y al cizallamiento.- mediante un Texturómetro Universal Instron, utilizando la Celda Kramer. Wolsey, 1977 (35).
9. Análisis microbiológico.- Determinación de Bacterias, Hongos y Levaduras. Speck, 1984 (32).
10. Evaluación sensorial.- Prueba de Aceptación utilizando una Escala Hedónica del 1 al 9 con un total de 90 jueces no entrenados. Tomicella, 1988 (34).
11. Determinación de la resistencia a la cocción.- Método de Brian. Brian 1976 (5).

C) DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS ANALÍTICOS::

1. Caracterización de la materia prima:

A la harina de soya desgrasada comercial se le determinó el contenido de humedad, proteína, extracto etéreo, pH, color, cenizas y fibra cruda. A continuación se describen los métodos utilizados:

Determinación de humedad y de materia volátil en la harina de soya. AACC. Método 44-31. (1):

Se pesaron 5 g de muestra en un recipiente tarado a peso constante, se colocaron en estufa y se secaron a 130 +/- 3°C durante dos horas, a continuación se pasó rápidamente a enfriar el recipiente a un desecador a temperatura ambiente y se pesó.

Cálculos:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(B - A) \cdot 100}{\text{Peso de la Muestra}}$$

Donde:

B = Peso del recipiente con la muestra

A = Peso del recipiente con la muestra seca.

Modificación del Método de Kjeldhal utilizando Ácido Bórico. AACC. Método 46-12 (2):

Se pesaron 5 g de muestra en un papel libre de nitrógeno y se colocó la muestra en un matraz de digestión, se añadieron 25 ml de H₂SO₄ concentrado en el matraz. Se dejó digerir hasta que la solución se puso clara y después se esperaron 30 minutos más. Posteriormente se dejó enfriar y se agitó para evitar que cristalizara.

Se colocó un matraz de 300 ml con 50 ml de ácido bórico e indicador rojo de metilo en solución, sumergiendo la punta del condensador en la solución.

Se añadieron 300 ml de agua al matraz con la muestra digerida, también se añadieron perlas de ebullición. Lentamente se añadieron 50 ml de NaOH concentrado y se conectó el condensador con una manguera de hule.

Se mantuvo a ebullición hasta que se colectaron poco más de 150 ml del destilado (cuando se supuso que todo el amoníaco había destilado) y después se colocó otro matraz introduciéndolo en el tubo del condensador para recibir el resto del destilado.

Se tituló el líquido destilado hasta que se neutralizó con NaOH 0.1N (hasta que se observó el vire de amarillo a rosa).

Se corrió un blanco de la determinación usando todos los ingredientes menos la muestra, se corrigió la lectura de la bureta para nitrógeno en los reactivos de acuerdo al blanco.

Cálculos:

$$\% \text{Proteína} = \frac{(\text{ml NaOH} \times \text{N de NaOH}) (1.4007) \times \text{Factor}}{\text{Peso de la Muestra (en gramos)}}$$

$$\text{Factor} = 6.25$$

Determinación de Cenizas en Harina de Soya. AACC 08-16 (1).

Se pesaron 2 g de muestra en un crisol previamente puesto a peso constante, se pasó a la mufla previamente calentada a 600°C y se mantuvo a esta temperatura +/- 15°C durante dos horas, posteriormente se pasó al desecador hasta que se enfrió a temperatura ambiente e inmediatamente después se pesó.

Cálculos:

$$\% \text{Cenizas} = \frac{\text{Peso del crisol con cenizas} - \text{Peso del crisol}}{\text{Peso de la Muestra}} (100)$$

Determinación de Fibra Cruda en Harinas. AACC Método 32-10 (1).

Se colocaron 100 g de muestra en un recipiente de 600 ml, se añadieron 1.5-2.0 g de fibra cerámica preparada, y 200 ml de H₂SO₄ al 1.25% hirviendo. Se utilizaron perlas de ebullición y se calentó el recipiente en un aparato condensador durante 30 minutos, rotándolo periódicamente para evitar que los sólidos se pegaran a las paredes. Se filtró y se lavó con agua caliente hasta alcanzar un pH neutro, se dejó secar y el residuo se transfirió a un vaso en donde se añadieron 200 ml de NaOH al 1.25% hirviendo, se dejó hervir durante 30 minutos, se filtró y se lavó con 25 ml de H₂SO₄ al 1.25% y tres porciones de agua hirviendo. Se añadieron 25 ml de alcohol y se dejó secar por dos horas a 130°C, se pasó a enfriar a un desecador y se pesó.

Cálculos:

$$(A - B)$$

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{\text{Peso de la muestra}}{100}$$

Donde:

A = Peso del crisol con muestra seca

B = Peso del crisol con muestra calcinada.

Determinación de Grasa en Harina de Soya. AACC Método 30-26 (1).

Se pesaron 5 g de harina de soya en un papel filtro el cual se envolvió en un segundo papel filtro cerrando bien la parte de abajo para prevenir que se saliera la harina, pero dejando abierto el segundo papel por la parte superior, en donde, se colocó un tapón de algodón para ayudar a distribuir la gota de solvente al caer sobre la muestra.

Se colocaron 25 ml de éter en un matraz de fondo plano puesto previamente a peso constante el cual se colocó en la parte inferior del extractor, en el cual se colocó la muestra envuelta. Se abrió la llave del refrigerante y se calentó hasta que el solvente empezó a gotear por el centro de la muestra. La extracción se realizó por cinco horas se dejó enfriar y se desconectó el matraz, para colocarlo en la estufa hasta que estuviera a peso constante.

Cálculos:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(A - B)}{\text{Peso de la Muestra}} (100)$$

Donde:

A = Peso del matraz con la grasa

B = Peso del matraz a peso constante

Determinación de Color por Reflectancia. AACC Método 14-22 (1).

Se pesaron 20 g de muestra molida dentro de una copa de vidrio específica del reflectómetro Agron. La muestra se humedeció con 25 ml de agua destilada y se formó una pasta homogénea.

Se leyó el valor relativo de reflectancia en las líneas espectrales [azul (436 nm), verde (546 nm) y rojo (640 nm)], previamente ajustadas a cero y cien de manera natural con los discos patrones de reflectancia.

Las lecturas obtenidas se reportaron como reflectancia relativa.

Determinación de Actividad de Agua. Kitic y Favetts, 1986 (17).

El Novasina Thermoconstanter - Humidat THZ meter consiste en una cámara de medición combinada con un regulador de temperatura y un sensor Novasina de humedad relativa y de temperatura. El sensor de humedad se basa en los cambios de conductividad de un electroíto higroscópico. La temperatura de la cámara de medición puede ser seleccionada y regulada por un control. La medición se realizó colocando un pequeño plato de plástico desechable conteniendo la muestra (es un recipiente especial) dentro de la cámara de medición.

Los valores medidos corresponden al porciento de humedad relativa y pueden leerse en la pantalla. Es bien conocido que una adecuada calibración es un factor clave para la obtención de un valor de Aw correcto en los Higrómetros eléctricos.

Resistencia al corte y cizallamiento. Wolsey, 1977. (35)

Cabe aclarar antes que nada que apartir de ahora se considerará esta resistencia como determinación de textura. Esta determinación se realizó empleando el Texturometro Universal Instron, el cual consiste en una serie de placas (12 en total) que se deslizan a través de una celda acanalada. El material al cual se desea medirle la textura se deposita en el fondo de la celda, donde hay una rejilla que es atravesada por el juego de placas, el material expone una resistencia al paso de las placas (esfuerzo de cizallamiento). La celda que reúne las características mencionadas recibe normalmente el nombre de celda "Kramer" en honor de su diseñador.

En esta prueba se puede observar que durante una gran parte del recorrido de las placas no se registra resistencia alguna debido a que el material apenas ocupa una quinta parte del volumen de la celda acanalada, el movimiento de la aguja en el registrador pondrá de manifiesto el contacto de las placas con el material, registrando inicialmente una pequeña resistencia debido al acomodamiento (compactación) del material en la celda Kramer, inmediatamente a medida que las placas descienden sobre el material el graficador manifiesta un ascenso constante hasta alcanzar un óptimo que corresponde a la ruptura del material; inmediatamente la resistencia del material desciende hasta un valor equivalente al manifestado por la fuerza necesaria para extruir el material que pasa a través de las rejillas y cuyo valor permanece casi constante.

Análisis Microbiológico. Speck, 1984 (32)

Recuento de Hongos y Levaduras en Alimentos.

La técnica que se siguió se describe a continuación:

1. Se pesan 10 g de muestra y se adicionan a 90 ml de solución reguladora de fosfatos.
2. Se licua durante 30 segundos a alta velocidad, y se deja reposar 10 minutos.
3. Se transfiere un ml a cada una de dos cajas de Petri estériles y 0.1 ml a dos cajas de Petri (dilución 1:1000), en el caso de las muestras muy contaminadas.
4. Se acidifica el medio de agar-papa-dextrosa con el ácido tartárico hasta pH = 3 (aproximadamente 1.5 ml por 100 de medio, cuando aquel se encuentra fundido enfriado a 45°C, ya acidificado y solidificado se desecha). Se agrega a una serie de cajas de 15-20 ml del medio. Se deja solidificar.
5. Se incuba a 20°C durante tres días y sin destaparlo, se efectúa un recuento presuntivo de las colonias de hongos desarrolladas si éste ya se hiciera muy evidente sobre las placas. En caso contrario se prolonga hasta cinco días la incubación y entonces se procede al recuento final de cada colonia. Si al cabo de cinco días el desarrollo es excesivo y no permite el recuento de las colonias, se reporta el número obtenido a los tres días haciendo notar en el informe este período de incubación.
6. Se multiplica la cifra obtenida por la inversa de la dilución correspondiente y se reportan las colonias de hongos por gramo de muestra.
7. Para la investigación de levaduras se siembra 1 ml de la dilución 1:10 en cada una de dos cajas de Petri, se adiciona agar-papa-dextrosa a una caja de Petri y agar extracto de maltosa acidificado a otra caja de Petri y se incuba a 37°C durante 24 horas, se cuentan en las placas las colonias de levaduras.

Recuento de mesófilos aeróbicos

El procedimiento que se siguió fue el que se describe a continuación:

1. Realizar diluciones seriadas de la muestra de 10^{-1} a 10^{-3} .
2. Inocular 1 ml de las diluciones en cajas de Petri previamente esterilizadas y rotuladas
3. Adicionar 15 ml de agar cuenta estandar fundido y mantenido a 45°C en baño de agua
4. Homogeneizar el inoculo en el medio de cultivo y dejar solidificar.
5. Incubar a 35 +/- 2°C durante 48 +/- 3 horas.
6. Realizar el recuento de las colonias.

Resistencia a la cocción: Brian 1976 (5).

Se pesaron 5 g de muestra y se les añadieron 25 ml de agua, se dejaron hidratar durante una hora y posteriormente se colocaron las muestras hidratadas en tubos de tapón de rosca ancho, se les adicionaron otros 10 ml de agua, se taparon y se colocaron dentro de un bote en la autoclave a 121°C durante 30 minutos. Se observó si había desintegración o no del texturizado.

Evaluación sensorial. I.I.A.A. 1988. (38).

Se utilizó una escala hedónica de nueve puntos que van desde "me gusta extremadamente" hasta "me disgusta extremadamente" pasando por "ni me gusta ni me disgusta". Para dicha prueba se cuestionó a 90 jueces no entrenados; los resultados de dichas pruebas se procesaron con ayuda de un análisis estadístico. Un modelo del cuestionario que se utilizó para dicho análisis es el que se presenta a continuación:

CUESTIONARIO PARA ESCALA HEDONICA

NOMBRE: _____ FECHA: _____

PRODUCTO: _____

Pruebe la muestra y dé una calificación del nivel del gusto mediante la elección del término más apropiado.

Me gusta extremadamente _____ ()

Me gusta mucho _____ ()

Me gusta moderadamente _____ ()

Me gusta ligeramente _____ ()

Ni me gusta ni me disgusta _____ ()

Me disgusta ligeramente _____ ()

Me disgusta moderadamente _____ ()

Me disgusta mucho _____ ()

Me disgusta extremadamente _____ ()

Describe únicamente lo que le desagrade de la muestra:

CAPITULO IV

DESARROLLO EXPERIMENTAL

REVISION BIBLIOGRAFICA:

Se obtuvo información sobre el valor nutritivo de la soya, los tipos de productos comerciales que existen actualmente de soya y las formas de consumo de la soya. También se investigó sobre los principios básicos de proceso de extrusión-texturización. Se recabó información sobre los productos de humedad intermedia, la aplicación de la humedad intermedia, y sus principios como método de conservación, así como las características de los productos de este tipo y las causas de deterioración más generales en los mismos.

METODOS ANALITICOS:

Se montaron las técnicas analíticas para la determinación de humedad, proteínas, extracto etéreo, cenizas, fibra cruda, pH, color, capacidad de absorción de agua, resistencia a la cocción, Aw, textura (resistencia al corte y cizallamiento), evaluación sensorial y análisis microbiológico para la determinación de hongos, levaduras y bacterias. Dichas técnicas se explicaron en el capítulo de metodología.

MATERIA PRIMA UTILIZADA:

Se adquirió en el mercado nacional harina de soya desgrasada y NaCl grado alimenticio.

CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA:

A la harina de soya desgrasada comercial se le determinó el contenido de humedad, proteínas, extracto etéreo, cenizas, fibra cruda, extracto no nitrogenado (se calculó por diferencia), pH y color. A dicha harina se le hizo un análisis microbiológico para determinar el contenido de hongos, levaduras y de bacterias. Todas las determinaciones se hicieron por duplicado.

ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE PROCESO PARA LA ELABORACION DE UN TEXTURIZADO DE SOYA DE HUMEDAD INTERMEDIA:

Se utilizó un extrusor Brabender AEV 330, con un tomillo con una relación de compresión 4:1, una velocidad de alimentación promedio de 3.11Kg/hr, un dado de salida de 5 mm de diámetro y una velocidad rotacional de 70 RPM.

Para el diseño de experimento se utilizó un plan factorial 2^3 para cuantificar el efecto de las variables independientes de: humedad de la materia prima, concentración de NaCl y temperatura en la sección de compresión, utilizando como variables respuesta la formación de fibra, la resistencia a la cocción la textura y el tiempo de hidratación y absorción de agua. De dicho diseño se eligieron las corridas que presentaron el mejor comportamiento y en base a las condiciones bajo las cuales habían sido obtenidas se planteó un segundo diseño experimental variando los valores de las variables independientes pero siguiendo el diseño del modelo anterior.

ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA:

Para lograr que el contenido de humedad de la harina fuera el deseado, primeramente se le determinó el contenido de humedad por diferencia de peso y utilizando una Termobalanza Ohaus MB 300 Brainweigh, después se calculó la cantidad de agua que era necesario añadir siguiendo la siguiente expresión matemática:

$$A (100 - X1) = B (100 - X2)$$

Donde:

A = peso de la harina antes de humectar.

X1 = contenido de humedad en la materia prima.

X2 = humedad deseada

B = peso de la harina humectada

Una vez calculada la cantidad de agua y conociendo la cantidad de sal que había de añadirse, según el porcentaje de NaCl deseado, se preparó una salmuera. Para lograr una humectación correcta y homogénea, se utilizó una mezcladora Hobart modelo C-100, en la cual se puso la harina de soya desgrasada y se le fue añadiendo la salmuera muy lentamente y con agitación constante; la harina ya humectada se dejó en reposo, en refrigeración y en recipientes cerrados durante períodos de cuando menos 12 horas. Como puede apreciarse la cantidad de agua añadida se calculó en base al peso seco de la harina y sin tomar en cuenta el aumento de la cantidad de sólidos por la adición del NaCl.

CARACTERIZACION DE LOS TEXTURIZADOS DE SOYA OBTENIDOS A PARTIR DEL SEGUNDO DISEÑO EXPERIMENTAL:

De los texturizados de soya elaborados se seleccionaron los que presentaron formación de fibra, a estos se les determinó la capacidad de absorción de agua y la resistencia a la cocción, a aquellos texturizados que resistieron esta última prueba, se les determinó la textura, el contenido de humedad, la actividad de agua, el color y el análisis microbiológico para la determinación de hongos, levaduras y bacterias. Todas las determinaciones se hicieron por duplicado excepto la textura que se hizo por quintuplicado.

OBTENCION DE LOS TEXTURIZADOS DE SOYA DE HUMEDAD INTERMEDIA SELECCIONADOS:

Considerando los resultados obtenidos en las pruebas anteriores se seleccionaron las mejores condiciones de proceso y bajo estas se procesaron 3 Kg de harina de soya desgrasada.

ESTUDIO DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LOS TEXTURIZADOS DE SOYA OBTENIDOS:

Se estudió el comportamiento de los texturizados de soya obtenidos, durante un período de dos meses de almacenamiento a diferentes condiciones de temperatura: 28, 35 y 45°C y una humedad relativa de 60, 30 y 19% respectivamente. Para dicho estudio se realizó la comparación contra un texturizado elaborado sin NaCl. Para el almacenamiento de las muestras que se encontraban a 35°C se utilizó una estufa V.I.P. CO₂ Incubatur 417 (Lab Line Instruments, Inc) y para las muestras almacenadas a 28 y 45°C se utilizaron estufas Craft, Instrumentos Científicos S.A.. Las muestras se almacenaron en frascos de plástico de 500 ml con tapón rosca. Los cambios que se evaluaron fueron: actividad de agua, color, contenido de humedad, textura y desarrollo de microorganismos; dichas determinaciones se realizaron por duplicado excepto la textura que se determinó por quintuplicado. Todas las determinaciones se realizaron cada catorce días durante los meses de almacenamiento.

PRODUCCION DE UN TEXTURIZADO DE SOYA DE HUMEDAD INTERMEDIA:

De acuerdo a los resultados obtenidos del estudio del comportamiento de los texturizados de soya de humedad intermedia durante su almacenamiento a diferentes temperaturas durante dos meses se seleccionó el que presentó un comportamiento más satisfactorio y se produjeron 3 Kg de dicho texturizado

ESTABLECIMIENTO DE LA FORMULACION DE UN ALIMENTO TIPO MACHACA:

A través de pruebas de degustación se estableció la proporción de ingredientes para la elaboración de un producto tipo machaca, así como el modo de preparación y se produjo la cantidad suficiente para la evaluación sensorial.

EVALUACION SENSORIAL:

Se realizó una prueba de aceptación utilizando una escala hedónica del 1 al 9, con un total de 90 jueces no entrenados, utilizando el formato que se muestra en el capítulo de metodología.

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS;

Caracterizacion de la Materia Prima:

En el cuadro 3 se presentan los resultados de las determinaciones practicadas a la harina de soya desgrasada; como puede observarse la composición varía de la reportada en la bibliografía (3), así mismo, se puede apreciar que la harina utilizada no alcanza el 50% de proteína que reporta la literatura para la obtención de productos texturizados (14).

A la misma harina de soya desgrasada se le realizó la determinación de hongos y levaduras y la cuenta total de bacterias, obteniéndose los siguientes resultados:

Hongos: 204 col/g.

Levaduras: 234 col/g.

Cuenta total de bacterias: incontables en dilución 10^{-3} .

La norma GDN-NOM-F-380-S-1980 (38), indica la necesidad de efectuar los análisis microbiológicos, más no fija las cuentas máximas que se permiten en bases de soya en polvo, por lo cual se comparó con la "Legislación Alimentaria" (39) que establece los siguientes datos para la harina de soya:

Mesofílicos aeróbios: máximo 500,000 col/g

Hongos: máximo 100 col/g

Por lo anterior puede comprobarse que la calidad microbiológica de la harina de soya utilizada es pobre.

CUADRO 3. CARACTERIZACION DE LA HARINA DE SOYA DESGRASADA.

DETERMINACION	DATOS PRACTICOS	DATOS TEORICOS
HUMEDAD (%)	7.5	5.0
PROTEINA (%)	48.0	53.0
EXTRACTO ETereo (%)	1.3	1.0
GENIZAS (%)	5.6	6.0
FIBRA CRUDA (%)	6.0	2.9
CARBOHIDRATOS (%) (POR DIFERENCIA)	32.7	32.1
pH	6.4	
REFLECTANCIA RELATIVA	24.5	

FUENTE PARA LA OBTENCIÓN DE LOS DATOS TEÓRICOS QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS, SALVADOR RAOÚI DERGAL, 1989

ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE PROCESO PARA LA ELABORACION DE UN TEXTURIZADO DE SOYA DE HUMEDAD INTERMEDIA:

De acuerdo al diseño experimental de 2 que se siguió se manejaron las siguientes variables con los niveles que se indican;

CUADRO 4. DISEÑO EXPERIMENTAL I.		
VARIABLE	NIVEL MINIMO	NIVEL MAXIMO
Humedad de la materia prima (%)	25	35
Concentración de NaCl (%)	8	14
Temperatura en la zona de compresión (°C)	150	170

CUADRO 3. CARACTERIZACION DE LA HARINA DE SOYA DESGRASADA.

DETERMINACION	DATOS PRACTICOS	DATOS TEORICOS
HUMEDAD (%)	7.5	5.0
PROTEINA (%)	48.0	53.0
EXTRACTO ETereo (%)	1.3	1.0
CENIZAS (%)	5.8	6.0
FIBRA CRUDA (%)	8.0	2.9
CARBOHIDRATOS (%) (POR DIFERENCIA)	32.7	32.1
pH	6.4	
REFLECTANCIA RELATIVA	24.5	

FUENTE PARA LA OBTENCIÓN DE LOS DATOS TEORICOS QUIMICA DE LOS ALIMENTOS. SALVADOR BAGUÍ DERRAL 1988

ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE PROCESO PARA LA ELABORACION DE UN TEXTURIZADO DE SOYA DE HUMEDAD INTERMEDIA:

De acuerdo al diseño experimental de 2 que se siguió se manejaron las siguientes variables con los niveles que se indican;

CUADRO 4. DISEÑO EXPERIMENTAL I.

VARIABLE	NIVEL MINIMO	NIVEL MAXIMO
Humedad de la materia prima (%)	25	35
Concentración de NaCl (%)	8	14
Temperatura en la zona de compresión (°C)	150	170

Con base en lo anterior se obtuvieron las siguientes corridas experimentales:

CORRIDA	HUMEDAD(%)	NaCl(%)	TEMPERATURA(°C)
1	25	8	150
2	35	8	150
3	25	14	150
4	35	14	150
5	25	8	170
6	35	8	170
7	25	14	170
8	35	14	170

Así mismo se corrió por cuatruplicado una corrida correspondiente al punto medio bajo las siguientes condiciones:

CORRIDA	HUMEDAD(%)	NaCl(%)	TEMPERATURA (°C)
10A	30	11	160
10B	30	11	160
10C	30	11	160
10D	30	11	160

De las doce corridas anteriores las que presentaron la mejor formación de fibra fueron la 2, la 4, la 6, la 8 y las 10A, 10B, 10C y 10D que como puede observarse son las que tienen humedades de 30 y 35 %.

A los texturizados obtenidos se les determinó la resistencia a la cocción y los resultados se evaluaron utilizando una escala, (establecida arbitrariamente), del 1 al 5, donde el 1 corresponde a la menor resistencia y el 5 a la mayor.

CORRIDA	RESISTENCIA
1	1
2	5
3	1
4	4
5	1
6	5
7	1
8	5
10A	3
10B	3
10C	4
10D	4

Como puede observarse los que mostraron mayor integridad después de la prueba fueron los texturizados 2, 6 y 8 que corresponden a los texturizados con una humedad de 35%.

A partir de aquí se trabajaron las corridas 10A, 10B, 10C y 10D como una sola corrida 10.

A las corridas 2, 4, 6, 8 y 10 se les determinó el tiempo de hidratación y se obtuvieron los siguientes resultados.

CUADRO 5. TIEMPOS DE HIDRATACION DE LOS		
TEXTURIZADOS DE SOYA OBTENIDOS		
CORRIDA	GRAMOS DE AGUA ABSORBIDOS POR 5 g DE TEXTURIZADO	TIEMPO (MINUTOS)
2	2.75	120
4	2.90	100
6	3.80	120
8	4.35	120
10	5.80	120

Debido a que se consideró que dichos texturizados presentaban características similares, se hizo otro diseño experimental con diferentes temperaturas con el fin de encontrar las condiciones óptimas del proceso. Para dicho diseño experimental se manejaron las variables y los niveles que se muestran a continuación:

CUADRO 8. DISEÑO EXPERIMENTAL II.

VARIABLE	NIVEL MINIMO	NIVEL MAXIMO
Humedad de la materia prima (%)	25	35
Concentración de NaCl (%)	8	14
Temperatura (°C)	155	165

Con base en el diseño anterior se obtuvieron las siguientes corridas experimentales:

CORRIDA	HUMEDAD (%)	NaCl (%)	TEMPERATURA (°C)
1	25	8	155
2	35	8	155
3	25	14	155
4	35	14	155
5	25	8	165
6	35	8	165
7	25	14	165
8	35	14	165

Igualmente se corrió por cuatruplicado el punto medio equivalente a las siguientes condiciones:

CORRIDA	HUMEDAD (%)	NaCl (%)	TEMPERATURA (°C)
10A	30	11	160
10B	30	11	160
10C	30	11	160
10D	30	11	160

De las doce corridas anteriores solo se seleccionaron los texturizados 2 y 6 por haber sido los que mejor comportamiento presentaron durante la prueba de resistencia a la cocción que se les practicó.

A los texturizados 2 y 6 se les determinó el tiempo de hidratación y se obtuvieron los siguientes resultados:

**CUADRO 7. TIEMPO DE HIDRATACION DE LOS
TEXTURIZADOS DE SOYA SELECCIONADOS.**

CORRIDA	GRAMOS DE AGUA ABSORBIDOS POR 5 g DE TEXTURIZADO	TIEMPO (MINUTOS)
2	3.70	100
6	4.55	120

Como puede observarse los tiempos de hidratación son largos, sin embargo, se sabe que utilizando agua caliente se reduce aproximadamente 50% dicho período.

Por los resultados obtenidos hasta ahora, se seleccionaron los texturizados 2 y 6 para realizar con ellos el estudio del efecto de la temperatura durante su almacenamiento durante dos meses; para efecto de aclarar y tenerlas presentes, a continuación se muestran las condiciones bajo las que obtuvieron dichos texturizados:

CUADRO 8. CONDICIONES DE PROCESO SELECCIONADAS PARA LA OBTENCIÓN DE TEXTURIZADOS DE SOYA DE HUMEDAD INTERMEDIA.

VARIABLE	TEXTURIZADO 2	TEXTURIZADO 6
Temperatura (°C)	155	165
Humedad (%)	35	35
NaCl (%)	8	8

Durante los dos meses de almacenamiento se le realizaron a los texturizados las determinaciones de humedad, A_w , color (reflectancia relativa), textura (resistencia al corte y cizallamiento) y un análisis microbiológico para determinar el crecimiento de hongos y levaduras y la cuenta total de bacterias; los resultados de dichas determinaciones se muestran en los cuadros 9, 10 y 11.

CUADRO 9. EFECTO DEL ALMACENAMIENTO A 28°C DE LOS TEXTURIZADOS DE SOYA DE HUMEDAD INTERMEDIA DURANTE 2 MESES

Determinación	Texturizado	0 Días	14 Días	28 Días	42 Días	56 Días
Humedad (%)	2	22.8	20.7	21.0	20.8	20.8
	6	22.8	20.8	21.2	22.6	18.4
	muestra sin NaCl	23.7	27.9	--	--	--
Aw	2	0.736	0.746	0.758	0.750	0.748
	6	0.726	0.726	0.795	0.716	0.736
	muestra sin NaCl	0.810	0.851	--	--	--
Color Reflectancia Relativa	2	22.5	24.5	22.5	26.5	25
	6	22.5	24.9	23	26	25
	muestra sin NaCl	23.5	25	--	--	--
Textura (kg/g)	2	2.72	3.76	5.36	5.26	5.0
	6	2.74	3.87	4.77	4.74	4.71
	muestra sin NaCl	4.3	--	--	--	--
Hongos (col/g)	2	228	22	20	37	40
	6	68	0	20	20	23
	muestra sin NaCl	60	24	--	--	--
Levaduras (col/g)	2	390	44	60	63	68
	6	104	52	80	131	200
	muestra sin NaCl	40	--	--	--	--
Cuenta total de bacterias (col/g)	2	350	322	330	311	320
	6	294	148	210	242	250
	muestra sin NaCl	387	--	--	--	--

CUADRO 10. EFECTO DEL ALMACENAMIENTO A 35 C DE LOS TEXTURIZADOS DE SOYA DE HUMEDAD INTERMEDIA DURANTE 2 MESES.

Determinación	Texturizado	0 Días	14 Días	28 Días	42 Días	56 Días
Humedad (%)	2	22.8	20.0	22.3	21.45	20.6
	6	22.8	20.0	20.8	21.74	18.7
	muestra sin NaCl	23.7	--	--	--	--
Aw	2	0.736	0.764	0.752	0.746	0.753
	6	0.726	0.763	0.712	0.712	0.731
	muestra sin NaCl	0.81	0.902	--	--	--
Color reflectancia relativa	2	22.5	24	24	24	20.5
	6	22.5	25.1	23	24	24.5
	muestra sin NaCl	23.5	25.9	--	--	--
Textura (K _g /g)	2	2.72	4.31	5.29	5.4	5.50
	6	2.74	4.06	6.03	5.5	5.03
	muestra sin NaCl	4.3	--	--	--	--
Hongos (col/g)	2	228	7	19	33	42
	6	60	7	40	63	70
	muestra sin NaCl	60	--	--	--	--
Levaduras (col/g)	2	390	36	70	100	110
	6	104	37	242	533	550
	muestra sin NaCl	40	--	--	--	--
Cuenta total de bacterias (col/g)	2	350	320	394	360	384
	6	294	70	294	342	367
	muestra sin NaCl	387	--	--	--	--

CUADRO 11. EFECTO DEL ALMACENAMIENTO A 45°C DE LOS TEXTURIZADOS DE SOYA DE HUMEDAD INTERMEDIA DURANTE 2 MESES.

Determinación	Texturizado	0 Días	14 Días	28 Días	42 Días	56 Días
Humedad (%)	2	22.8	22.6	21.2	16.08	13.9
	6	22.8	19.9	19.9	15.8	14.7
	muestra sin NaCl	23.7	28.8	--	--	--
Aw	2	0.736	0.781	0.718	0.689	0.686
	6	0.726	0.795	0.748	0.787	0.742
	muestra sin NaCl	0.81	0.966	--	--	--
Color Reflejtancia Relativa	2	23.5	23.5	21.5	17	13
	6	22.5	24	20.5	17	14
	muestra sin NaCl	23.5	25	--	--	--
Textura (Kj/g)	2	2.72	4.35	5.97	6.42	6.89
	6	2.74	4.54	6.04	5.61	5.23
	muestra sin NaCl	4.3	--	--	--	--
Hongos (col/g)	2	228	16	29	48	54
	6	68	4	38	61	76
	muestra sin NaCl	68	--	--	--	--
Levaduras (col/g)	2	390	43	210	303	350
	6	104	33	538	--	--
	muestra sin NaCl	40	--	--	--	--
Cuenta total de bacterias (col/g)	2	90	110	350	--	--
	6	294	169	60	--	--
	muestra sin NaCl	87	--	--	--	--

De los resultados obtenidos durante los dos meses puede notarse:

La humedad de los texturizados 2 y 6 almacenados a 28 y 35°C permanece entre 20 y 23% durante los dos meses de almacenamiento, mientras que aquellos que se almacenaron a 45°C pierden humedad constantemente, siendo la humedad más baja de 13.9% para el texturizado 2 y de 14.7% para el texturizado 6. Como puede observarse todos los valores de humedad se encuentran dentro del rango de 10 y 40% establecido en la literatura para alimentos de humedad intermedia (24, 6, 26).

En cuanto a la Aw del producto puede observarse que:

El texturizado 2 a 28°C se mantiene dentro de un rango de 0.736 y 0.758; a 35°C entre 0.736 y 0.764 y a 45°C entre 0.686 y 0.781.

El texturizado 6 a 28°C se mantiene dentro de un rango de 0.726 a 0.795; a 35°C entre 0.712 y 0.763 y a 45°C entre 0.726 y 0.795.

Así mismo, comparando con los datos reportados en la bibliografía todas las muestras se mantuvieron dentro del rango de Aw que va desde 0.80 hasta 0.92 para alimentos de humedad intermedia (24, 6, 26).

Por otro lado puede observarse que la textura en todos los casos tiende a ser mayor, siendo mucho más marcado este cambio en el texturizado 2 almacenado a 45°C por lo que puede suponerse que el frasco que contenía dicha muestra no tuvo un cerrado tan eficiente como los demás; ya que como también puede notarse éste fue el texturizado que perdió más humedad durante su almacenamiento y fue el que mostró la menor Aw durante los dos meses de estudio, así como también fue el que mostró un mayor oscurecimiento.

En cuanto a las determinaciones de color se observa que para el caso de los texturizados almacenados a 28°C, las lecturas de reflectancia relativa se mantuvieron entre 22.5 y 26.5; para los texturizados almacenados a 35°C la variación fue dentro del rango de 20.5 y 25.1 de reflectancia relativa; mientras que para los texturizados almacenados a 45°C la variación se mantuvo dentro del rango de 13 y 24 de reflectancia relativa.

Como puede observarse los texturizados almacenados a 45°C presentaron un oscurecimiento muy marcado durante su almacenamiento, mientras que los cambios presentados por los texturizados almacenados a 28°C y 35°C fueron menos intensos, y cabe mencionar que para estos últimos dos casos las variaciones no se apreciaron a simple vista mientras que para el primero sí.

De los resultados anteriores se seleccionó el texturizado 6 por haber presentado un comportamiento más estable. Se produjeron 3 Kg de texturizado bajo las siguientes condiciones:

Contenido de humedad de la materia prima: 35%

Contenido de NaCl: 8%

Temperatura de extrusión: 165°C

A través de pruebas de degustación se estableció la siguiente proporción de ingredientes para elaborar un producto tipo machaca con base en el texturizado de soya de humedad intermedia.

Formulación de un alimento tipo machaca:

Texturizado de soya de humedad intermedia: 300 g

Huevo: 10 piezas

Jitomate rojo fresco: 250 g

Cebolla: 100 g

Chile serrano: al gusto

Aceite: el necesario para freír la verdura

El modo de preparación que se siguió fue el siguiente:

Se picaron la cebolla, el jitomate y los chiles y se pusieron a freír en aceite hasta que se sazonaron.

Se agregó el texturizado de soya de humedad intermedia (previamente molido) y se ahaden los huevos previamente batidos. Se dejó cocer a fuego lento y se movió eventualmente para evitar que el platillo se pegara al recipiente.

De esta forma se preparó la cantidad suficiente para la evaluación sensorial, la cual se realizó con un total de 90 jueces no entrenados; el producto se sirvió caliente en forma de tacos con tortillas de harina. A cada uno de los jueces se le entregó el cuestionario correspondiente. Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente y finalmente se obtuvo lo siguiente:

Media : 3.46

Desviación estandar: 1.116

Como puede observarse en el cuestionario utilizando el valor de 3.46 que se obtuvo como promedio, se encuentra entre las respuestas me gusta moderadamente y me gusta ligeramente, por lo que puede decirse que el producto fue aceptado sensorialmente por los jueces.

Con respecto al texturizado de soya elaborado sin sal puede observarse que solo se tienen resultados hasta los catorce días de almacenamiento y esto se debió a que se observó en él un crecimiento de hongos notables a simple vista y el desarrollo de mal olor, por lo que se consideró que este producto debía de ser desechado, por lo anterior podemos asumir que el NaCl actuó como un buen conservador en los texturizados.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

Las condiciones de proceso que se establecieron para la obtención de un texturizado de soya de humedad intermedia son:

Contenido de humedad de la materia prima: 35%

Concentración de NaCl: 8%

Temperatura en la sección de compresión del tornillo: 155 y 165 C.

Los texturizados de soya obtenidos bajo dichas condiciones mantuvieron las características propias de un producto de humedad intermedia durante dos meses de almacenamiento bajo las condiciones de temperatura estudiadas que fueron: 28°C, 35°C y 45°C. Dichas características de los texturizados son:

Rango de A_w entre 0.686 y 0.795

Contenido de humedad entre 13.9 y 25%

Características sensoriales adecuadas

Inhibición del crecimiento microbiano.

Los texturizados obtenidos se consideran de mejor calidad que los texturizados de soya comerciales, ya que no producen sensación de resequeidad en la boca, son lo suficientemente suaves para ser consumidos en forma directa o siendo base para la elaboración de otros alimentos.

La machaca con huevo elaborada con base en el texturizado de soya de humedad intermedia seleccionado fue evaluada como aceptable al gusto.

Los texturizados de soya de humedad intermedia no requieren de otro proceso de conservación adicional como sería la refrigeración, sin embargo, se recomienda realizar el estudio de vida de anaquel en diferentes materiales de envase.

CAPITULO VII

BIBLIOGRAFIA

1. American Association of Cereal Chemist. INC "Approved methods". Vol. I. USA. 1983.
2. American Association of Cereal Chemist .INC "Approved methods". Vol. II. USA. 1983.
3. Badui, D.S. "Química de los Alimentos". Ed. Alhambra, México, D.F. 1988
4. Baker, E.C. y Mustakas, G.C. Inactivación por calor del inhibidor de tripsina, lipoxigenasa y ureasa en frijol soya: efecto de aditivos ácidos y alcalinos". ASA/México, H.A. No. 3.
5. Brian, R. Texturized Protein Product. J.Amer. Chemical Society 53:325, 1976.
6. Brimelow, C.J.B. A programatic approach to the development of new intermediate moisture foods. Simatos, D. and Mufton, J.L. "Properties of water in foods". Martinus Nijhoff Publishers. Printed in the Netherlands, 1985.
7. Brockmann, M.C. Development of intermediate moisture foods for military use. Food Technology, August 1970, Vol.24 898-900.
8. Burkard, R. Apoyos internacionales para programas de extrusión de alimentos. Primera reunión panamericana de extrusión de alimentos. Centro de investigaciones y asistencia tecnológica del estado de Chihuahua, A.C. Chihuahua, México. 1984.
9. Calderón, G. Estudio de las condiciones del proceso de extrusión en la elaboración de un cereal para desayuno. (Tesis) Instituto Politécnico Nacional, México, D.F. 1986.
10. Cruz, M.N.M; Félix, A.M.B; Martínez, A.A.L; Bernal, A.A; Jacinto, H.C; Jaime, V.M.M; Dueñas, G.C; Soezo, A. S; Velasco, R.M; Gallardo, N.Y. Tecnología de la Soya. Instituto Politécnico Nacional. 1987.

11. Durán de Bazua, C. Uso de la Extrusión para sustituir métodos tradicionales de cocción. Primera reunión panamericana de extrusión de alimentos. Centro de investigaciones y asistencia tecnológica del estado de Chihuahua, A.C. Chihuahua, México, 1984.
12. Flores, M.L. El escándalo de la desnutrición, ICYT: Información científica y tecnológica, Septiembre, 1988, Vol.10 num. 144.
13. Franco, G.M.J; Castellanos, M.R. Contribución al estudio de la incorporación de proteína texturizada de soya a pastas alimenticias. Tecnología de alimentos, (Mex.), Vol. 19, No. 3 mayo-junio, 1984.
14. Garzón, M.R; Navarro, G.Y; Robles, G.A; Lima, B.L. Definición de tecnología para la obtención de texturizado por el método de extrusión. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria (I.I.I.A.), Ciudad de la Habana, 1989.
15. Harper, J.M. Extrusion texturization of foods. Food Technology. March, 1986.
16. Kaplow, M. Comercial development of intermediate moisture foods. Foods Technology, Vol. 24, August. 1970. (889-893)
17. Kitic, D.; Favett, G.J; Chirife, J., and Resnik, S. L., . Measurements of water activity in the intermediate moisture range with the Novasina Thermoconstanter Humidity Meter, Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie (in press). 1986.
18. Kozłowska, H.; Elkowicz, K.; Thermal inactivation of trypsin inhibitors of soybean preparations added to meat. Meat science 4, 1980; (95-102).
19. Labuza, T.P.; Tannenbaum, S.R.; and Karel, M. Water content and stability of Low-Moisture and Intermediate-Moisture foods. Food Technology, May 1970, Vol.24 (543-550)
20. Ladislao, U. Crisis Alimentaria en México. ICYT: Información científica y Tecnológica. Septiembre 1988. Vol 10. Num. 144
21. Ledward, D.A.; Novel intermediate moisture meat products. Simatos, D. and Multon J.L. "Properties of water in foods". Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht; Printed in the Netherlands, 1985.
22. Lin, M.J.; Humbert, M.S.; Sosulsky, F.W.,. Certain Functional properties of sunflower meat products. Journal of Food Science. 39:368.

23. Linko, P.; Colonns, P. High-Temperature, short-time extrusion cooking. Pomeranz, Y. "advances in cereal science and technology Vol. IV". American Association of cereal chemists, 1981.
24. Linko, P; Hervinen, R.; Karppinen, R; Rautalinna, E. K., and Vainionpaa, J. Extrusion cooking for cereal-based intermediate-moisture products. Simatos, D. and Multon, J.L. "properties of water in Foods". Martinus Nijhoff Publishers. Printed in the Netherlands, 1985.
25. Menendez, C.R.; Rios, E. y Camacho, J.L. Elaboración de un embutido a partir de proteína vegetal texturizada (PVT) de mezclas de soya-ajonjolí. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos del Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán". Primera reunión Panamericana de extrusión de alimentos. Centro de Investigaciones y Asistencia Tecnológica del Estado de Chihuahua, A.C.; Chihuahua, México, 1984.
26. Muñozcano, A.; Wesche, H.; Arana, R.; Garcia, H.; Argaiz, A.; Vergara, F. y Weitz, J. Determinación y predicción de la actividad acuosa en alimentos mexicanos de humedad media y alta. Tecnología de Alimentos, (Mex) Vol. 22, No.4. Julio-Agosto, 1987
27. Rakosky, J; Soy Grits, Flour, Concentrates and Isolates in Meat products. J.A. Oil Chemist Soc. January 1974. (Vol. 5) 123A-127A.
28. Rhee, K.C.; Kua, C.K.; Lusas, E.W. Texturization Protein Functionality in Food. John P. Cherry. Symposium series. 147. American Chemical Society, 1981.
29. Rios, J.J. ; Carrera, A.M. Nuevos productos para apoyar la dieta básica popular. Liconsa; Primera reunión panamericana de extrusión de alimentos. Centro de investigaciones y asistencia tecnológica del estado de Chihuahua, A.C; Chihuahua, México, 1984.
30. Rodríguez, T.B. Evaluación de la calidad nutricional de las proteínas de harinas de maíz y soya obtenidas por extrusión y por nixtamalización y tostado. Primera reunión panamericana de extrusión de alimentos. Centro de investigaciones y asistencia tecnológica del Estado de Chihuahua, A.C., Chihuahua, México, 1984.
31. Sheard, P.R.; Mitchell, J.R. and Ledward, D.A. Extrusion behavior of different soya isolates and the effect of particle size. Journal of Food Technology (1986). Vol. 21, 627-641.
32. Speck, M.L. Alpha 1984, American Public Health Association Recommended Methods for Microbiological. Examination of foods. 1984.

33. Torres, M.M.; Duarte M.M.O.; Vargas, D.M.T.; Alderete, A.M.A. Evaluación comparativa de las propiedades funcionales de harina de soya extruida y harina de soya tostada. Primera reunión panamericana de extrusión de alimentos. Centro de investigaciones y asistencia tecnológica del Estado de Chihuahua, A.C. Chihuahua, México, 1984.
34. Toricella, M.R.; Zamora, U.E.; Pulido, A.H.; Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de calidad en la industria alimentaria. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia (I.I.I.A), Ciudad la Habana, 1988.
35. Wolsey, P.W. Interpretation of force-deformation curves from the sheax-compression cell. *Journal of Texture Studies*. Vol. 8 (1): 1937, 1977.
36. Wolf, W.J. Proteínas comestibles de la soya y sus usos. ASA/México, H.N.N.S. 1978.
37. Patten, J. and Dishaw, M.A. Flour color evaluation with the green Agron. *Cereal Sci. Today*. Vol. 13: 163. 1968.
38. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. Norma Oficial Mexicana. NOM-F-380-S-1980. Azúcar, harina de soya y avena para preparar una bebida con sabor a fresa o nuez. Dirección General de Normas. México. 1980.
39. "Legislación Alimentaria", sección a cargo de Judith Gomez Farias de Jay. Tecnología de alimentos, México, Mayo-Junio. 1975.