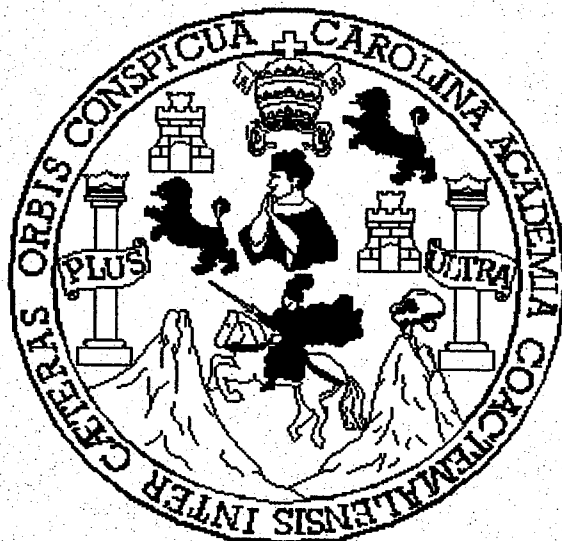


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA DE LA
DESHIDRATACIÓN DE LOS HUEVOS DE GALLINA PARA
CONSUMO HUMANO, MEDIANTE EL MÉTODO DE
ASPERSIÓN**

TESIS

PRESENTADO POR:

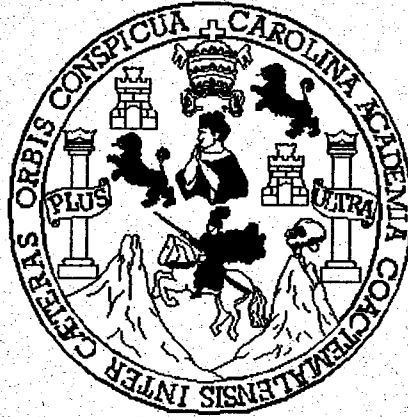
SANDRA ARACELLY MONTENEGRO AMAYA

**AL CONFERIRLE EL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, AGOSTO DE 1,999

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con lo establecido por la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

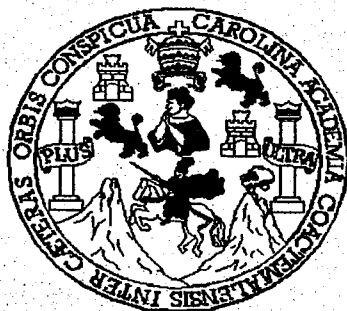


DETERMINACIÓN DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA DE LA DESHIDRATACIÓN DE LOS HUEVOS DE GALLINA PARA CONSUMO HUMANO, MEDIANTE EL MÉTODO DE ASPERSIÓN.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química con fecha 26 de mayo de 1999.


Sandra Aracelly Montenegro Amaya

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

Decano: Ing. Herbert René Miranda Barrios

Vocal 1°: Ing. José Francisco Gómez Rivera

Vocal 2°: Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Vocal 3°: Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana

Vocal 4°: Br. Oscar Stuardo Chinchilla Guzmán

Vocal 5°: Br. Mauricio Grajeda Mariscal

Secretario: Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

**TRIBUNAL QUE PRÁCTICO EL EXAMEN GENERAL
PRIVADO**

Decano: Ing. Roberto Mayorga Rouge

Examinador: MS. Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía

Examinador: Ing. Carlos Erwin Jacobsthal Reti (+QPD+)

Examinador: Ing. Carlos Eduardo Rivera Fuentes

Secretario: Ing. René Andrino Guzmán



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 22 de julio de 1,999.

Ingeniero
Otto Raúl de León de Paz
Director Escuela Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente.

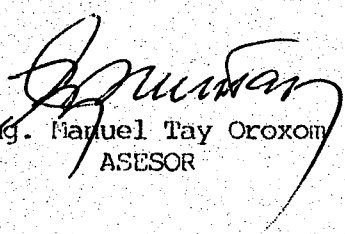
Estimado Ingeniero de León.

Por este medio informo a usted que he asesorado, el Informe Final de Tesis de la estudiante **Sandra Aracelly Montenegro Amaya**, titulación: **DETERMINACION DE LA FACTIBILIDAD TECNICA DE LA DESHIDRATAACION DE LOS HUEVOS DE GALLINA PARA CONSUMO HUMANO, MEDIANTE EL METODO DE ASPERSION**, trabajo que considero satisfactorio y por lo tanto recomiendo su aprobación.

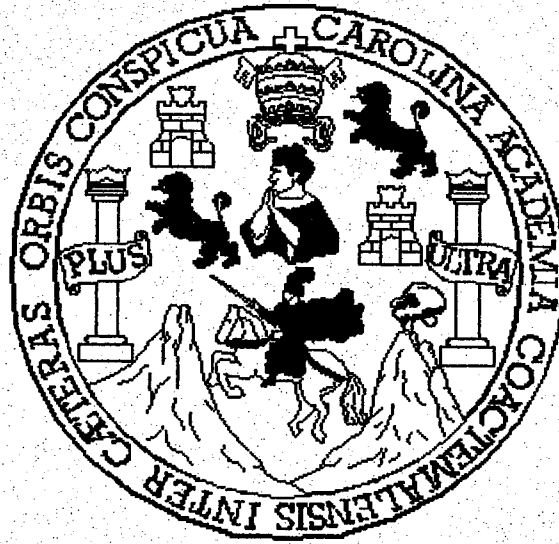
Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,

ID Y ENSEÑANZA A TODOS


Ing. Manuel Tay Orozco
ASESOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 19 de julio de 1999.

Ingeniero

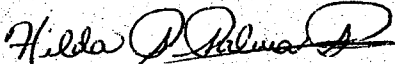
Otto Raúl de León de Paz

Director de Escuela de Ingeniería Química

Estimado Ingeniero de León:

Hago de su conocimiento que he revisado el informe final de tesis titulado: " Determinación de la factibilidad técnica de la deshidratación de los huevos de gallina para consumo humano, mediante el método de aspersión", realizado por la estudiante Sandra Aracelly Montenegro Amaya, Carnet 58588, del cual dejo constancia de mi aprobación, para poder proceder a la autorización del respectivo trabajo .

Sin otro particular me suscribo de usted atentamente:

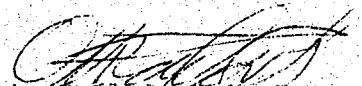

MS. Inga. Hilda Palma de Martini.

REVISOR



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Química; Ingeniero Otto Raúl de León de Paz, después de conocer el dictamen del asesor con el Visto Bueno del Jefe de Departamento, al trabajo de tesis de la estudiante Sandra Aracelly Montenegro Amaya, titulado: **DETERMINACION DE LA FACTIBILIDAD TECNICA DE LA DESHIDRATACION DE LOS HUEVOS DE GALLINA PARA CONSUMO HUMANO, MEDIANTE EL METODO DE ASPERSION.**


Ing. Otto Raúl de León de Paz
DIRECTOR ESCUELA INGENIERIA QUIMICA

Guatemala, de agosto de 1,999.

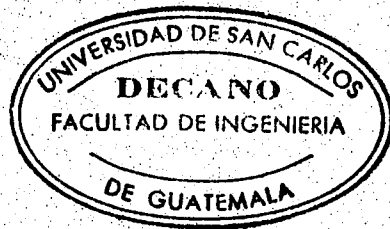
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

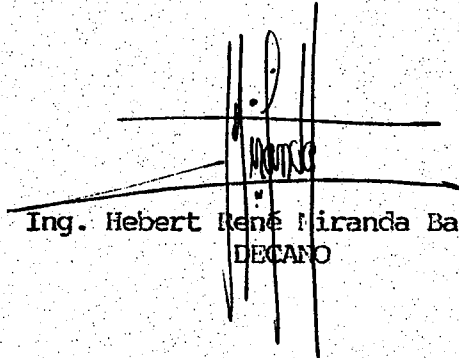


FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de Tesis titulado: DETERMINACION DE LA FACIBILIDAD TECNICA DE LA DESHIDRATAACION DE LOS HUEVOS DE GALLINA PARA CONSUMO HUMANO, MEDIANTE EL METODO DE ASPERSION de la estudiante Sandra Aracelly Montenegro Amaya, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:




Ing. Hebert René Miranda Barrios
DECANO

Guatemala, agosto de 1,999.

ACTO QUE DEDICO

A Dios:

Que en su infinita misericordia, como una muestra más de su eterno amor, me ha permitido culminar con éxito mis estudios, y me ha enseñado amar y respetar mi profesión.

A la memoria de mi padre:

Leonidas Montenegro Urbina, quien siempre confió en mí. Y por quien elevo hoy una oración.

A mi madre:

Fabiola Haydée Amaya de Montenegro. Quien con su ejemplo diario, de lucha tenaz, valiente y honesta, me ha inculcado como guía: que en las cosas esenciales, debo buscar la unidad; en las cosas importantes diversidad y generosidad y en todas las cosas ver y servir a Dios.

A mis hermanos:

Susana Montenegro de Camposeco
Mayra Montenegro de Valenzuela
Haydée Maricruz Montenegro
Jorge Montenegro
Por su solidaridad y cariño.

A mi asesor:

Ing. José Manuel Tay
Que al igual que Aristóteles, con su ejemplo me recuerda constantemente "que somos lo que hacemos día a día. De modo que la excelencia no es un acto, sino un hábito".

A mi revisor:

MS. Inga. Hilda Palma de Martini, por su apoyo y amistad.

A los propietarios Del Ave S.A.:

Familia de la Cerda Coto
Por tenderme su mano amiga, por ser una puerta siempre abierta en los momentos felices o difíciles de la vida.

Al laboratorio industrial San Cristobal:

Especialmente a la Lic. Hilda de León.

A mis mentores:

Dra. Alba Tabarini de Abreu
Ing. Héctor Ruiz

A mis compañeros de promoción.

A mi familia y amigos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IV
GLOSARIO	V
RESUMEN	VI
INTRODUCCIÓN	IX
1. ANTECEDENTES	11
2. JUSTIFICACIÓN	13
3. OBJETIVOS	15
4. HIPÓTESIS	16
5. MARCO TEÓRICO	17
5.1 Generalidades. Proteínas	17
5.2 Estructura del huevo de gallina.	18
5.2.1 Cáscara o cascarón.	18
5.2.2 Membranas de la cáscara.	18
5.2.3 Clara.	19
5.2.4 Yema.	19
5.3 Composición química y valor nutritivo.	20
5.3.1 Principales proteínas del huevo.	21
5.3.2 Origen de la infección bacteriana más común en Guatemala.	22
5.3.2.1 Salmonellosis.	23
5.3.2.2 Medidas de Control	25
5.4 Usos del huevo de gallina.	26
5.4.1 Propiedades funcionales.	26

5.4.2	Clasificación industrial.	27
5.4.3	Mercado.	31
5.5	Secadores por aspersion.	32
6.	METODOLOGÍA	36
6.1	Recursos	36
6.1.1	Ubicación	36
6.1.2	Materiales	36
6.1.3	Equipo	36
6.1.3.1	Unidad de secado	36
6.1.3.2	Caldera	36
6.2	Metodologia aplicada	37
6.3	Cálculos	39
7.	DISEÑO EXPERIMENTAL	42
7.1	ANOVA	43
7.2	Método Tuckey	44
7.3	Evaluación sensorial	44
8.	RESULTADOS	45
8.1	Pesos de huevo	45
8.2	Porcentaje de rendimiento 0% de agua	46
8.3	Porcentaje de rendimiento 25% de agua	46
8.4	Porcentaje de rendimiento 50% de agua	46
8.5	Porcentaje de rendimiento 75% de agua	47
8.6	Análisis microbiológico	47
8.7	Análisis proximal	47
8.8	Análisis de cáscara	48
8.9	Análisis funcional	48

9	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
	CONCLUSIONES	54
	RECOMENDACIONES	55
	REFERENCIAS	56
	BIBLIOGRAFÍA	57
	APÉNDICES	58

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

No.	Título	Pág.
1	Producción de huevos de gallina en Guatemala	58
2	Comparación de los rendimientos	62
3	Diagrama del equipo de aspersion	64

Tablas

No.	Título	Pág.
I	Anova método tuckey	42
II	Comparativa método Tuckey	43
III	Evaluación sensorial	43
IV	Pesos del huevo	44
V	Porcentaje de rendimiento con 0% de agua	45
VI	Porcentaje de rendimiento con 25% de agua	45
VII	Porcentaje de rendimiento con 50% de agua	45
VIII	Porcentaje de rendimiento con 75% de agua	46
IX	Análisis microbiológico	46
X	Análisis proximal	46
XI	Análisis de cáscara de huevo	47
XII	Análisis funcional	47
XIII	Producción de huevos en Guatemala de 1966 a 1996	59
XIV	Composición química centesimal	60
XV	Importaciones y exportaciones	60
XVI	Importaciones y exportaciones centroamericanas	61
XVII	Descripción del equipo	63

GLOSARIO

Asperjados	rociados, esparcidos en menudas gotas.
Fosfoproteínas	proteínas que contienen grupos fosfato, por ejemplo la vitelina del huevo.
Lípidos	del griego <i>lipos</i> que significa grasa, son un grupo muy grande y diverso de sustancias químicas. Están constituidas por carbono, hidrógeno y oxígeno.
Lipoproteínas	proteínas asociadas con una molécula de lípido, generalmente un fosfolípido, por ejemplo la ovalbumina del huevo.
Metabolismo	término general que se usa para describir todas las reacciones químicas que se presentan en las células de los seres vivos. Cada cambio metabólico está controlado por una proteína específica denominada " <i>enzima</i> ".
Retinol	nombre químico de la vitamina A.

Valor Biológico (BV)

se define como el porcentaje de proteína absorbida y convertida en proteína del cuerpo.

$BV = (\text{nitrógeno retenido} / \text{nitrógeno absorbido}) \times 100.$

Vitaminas hidrosolubles

son aquellas vitaminas solubles en agua, se incluyen entre ellas a la vitamina C y el complejo B. No se almacenan en el organismo, el excedente se elimina con la orina.

RESUMEN

En el presente trabajo se determina la factibilidad técnica para la deshidratación del huevo de gallina, en Guatemala, a través del método de aspersión.

Para llevar a cabo las pruebas experimentales, se usa un equipo de secado tipo Spray Dryer, propiedad de la empresa Del Ave S.A. La unidad de aspersión empleada está conformada por discos giratorios concéntricos de alta velocidad. La parte experimental consiste en veinte corridas diferentes, en las cuales se modifica el porcentaje de cloruro de sodio en un rango de 0 al 2 % y el porcentaje de agua de 0 a 75% sobre el peso inicial de la mezcla yema más clara (huevo líquido). En cada muestra se involucran 630 unidades frescas, con un peso promedio de 71 gramos, cada huevo; mientras que las condiciones de trabajo: temperatura, presión y flujo másico permanecen constantes.

El máximo rendimiento alcanzado es de 95.96% sobre el valor teórico esperado, y se obtiene cuando a la mezcla inicial se le ha agregado el 2% de cloruro de sodio y el 50% de agua, sobre el peso inicial de la muestra. Estadísticamente se confirma que la variación en el cloruro de sodio agregado tiene mayor significación que la variación en la cantidad de agua adicionada.

Desde el punto de vista nutricional y microbiológico, el producto final obtenido, cumple con las expectativas de calidad. El análisis organoléptico y funcional determinan que el huevo en polvo conserva ciertas cualidades que le hacen ser agradable al gusto y además útil en la industria alimenticia.

En Guatemala, el nivel de producción avícola, denota ser capaz de satisfacer la demanda requerida en una planta procesadora de huevo en polvo, con capacidad de cubrir todo el mercado centroamericano actual.

Por lo tanto, se puede afirmar que: técnicamente, sí es factible producir en Guatemala, huevo en polvo por el método de aspersión; ya que se cuenta con el equipo, materia prima, personal especializado y mano de obra capacitada necesarias para desarrollar exitosamente el proceso.

Se recomienda realizar un estudio de factibilidad económica para determinar la rentabilidad del proyecto y lo atractivo que éste puede ser para la economía nacional y principalmente, para el sector avícola del país.

INTRODUCCIÓN

El huevo, como alimento, se ha utilizado desde hace mucho tiempo. Desde el punto de vista nutritivo, los huevos constituyen una buena fuente de grasa, proteínas, vitaminas y minerales, especialmente hierro. Se le atribuye un alto valor biológico debido a los aminoácidos esenciales que posee.

En Guatemala, el huevo constituye un recurso alimenticio accesible al segmento pobre de la población (alrededor del 58%); el consumo de huevos de gallina se lleva a cabo directamente, como huevo de plato, en la elaboración de panes y pasteles, mayonesas y aderezos.

El huevo es un producto perecedero, por lo que su vida útil, bajo condiciones normales, es relativamente corta. El problema radica principalmente en el hecho, que durante su período de vida, la producción nacional no se consume en su totalidad y como consecuencia existen pérdidas económicas en el sector productor avícola, que se ve obligado durante algunos períodos del año a vender su producción por debajo del costo, y peor aún a desecharle total o parcialmente.

Como alternativa de solución se propone: incrementar el tiempo de vida útil del huevo, manteniendo la calidad nutritiva; y con la finalidad de resolver el problema, cumpliendo con la alternativa propuesta, el presente trabajo de investigación orienta su estudio hacia la determinación de la factibilidad técnica de la deshidratación de los huevos de gallina para consumo humano, mediante el método de aspersion.

El huevo en polvo obtenido como producto final por el método de aspersión, constituye un valioso recurso para el mejoramiento nutricional de la población, debido al alto valor nutritivo que posee y a su baja carga microbiológica. Además del consumo humano directo, debe señalarse que tiene otras aplicaciones diversas en la industria alimenticia humana.

En cuanto al sector avícola se espera que su funcionamiento sea más eficiente y exitoso, al implementar una planta de deshidratación de huevo en Guatemala, utilizando equipo de aspersión; pues el producto obtenido cuenta con amplio mercado nacional e internacional.

1.ANTECEDENTES

En Guatemala el consumo del huevo tiene un comportamiento cíclico. Éste se atribuye, principalmente, a la existencia de alimentos sustitutos, de bajo poder adquisitivo en épocas del año, en las cuales, por razones socioculturales, la población da prioridad a otros rubros, tales como educación de los hijos, festejos de fin de año, períodos de recolección de cosecha, y actividades religiosas; entre otras.

En Guatemala el consumo per cápita es de 143 huevos anuales. No fue sino hasta alrededor de los últimos cinco años que se ha venido aprovechando la venta de huevo líquido, en algunas pequeñas empresas. En la actualidad, el mercado nacional sufre una baja considerable debido a la existencia de una planta procesadora de huevo líquido (50,000 unidades hora) en El Salvador la cual surte al segmento de mercado industrial de Guatemala, ya que iniciaron su producción en 1997.

La mayor producción de huevos en Guatemala se encuentra en los pueblos que están alrededor de la capital. Por ello, es importante señalar que dependiendo del tipo y forma de transporte utilizado, así varía el porcentaje de quiebra de los huevos, presentando el mayor índice de ruptura el huevo grande.

Cabe mencionar que al fraccionarse la cáscara de huevo el riesgo de contaminación se incrementa, ya que su protección natural se ve dañada, el deterioro físico presente trae como consecuencia el deterioro químico y microbiológico. Esto, a su vez, representa pérdidas económicas, ya sea al productor o al distribuidor.

La vida útil del huevo varía y depende en buena parte del clima, por ejemplo, en la Costa Sur un huevo en buen estado tiene una vida útil de 15 días; mientras que en Quetzaltenango se conserva 30 días. Otro factor que influye en la duración del huevo es la humedad relativa en la cual se encuentra almacenado. La ganancia o pérdida en el contenido de agua del alimento presenta diversas formas de deterioro, para evitar daños físicos se debe cuidar el almacenamiento y empaque.

La producción de huevos de gallina en Guatemala, según datos del Ministerio de Agricultura comprendidos de 1966 a 1996, demuestran que en el país existe capacidad de producción avícola para alimentar una planta procesadora de huevo deshidratado, capaz de cubrir todo el mercado centroamericano existente en la actualidad.

La producción en 1966 fue de 28,000 MT (toneladas métricas) equivalente a 358,084,507 unidades, mientras que para 1996 se incrementó la producción a 98,000 MT (toneladas métricas) equivalente a 1,253,295,775 unidades.

(Apéndice 1).

2. JUSTIFICACIÓN

Guatemala ocupa uno de los principales lugares en desnutrición a nivel latinoamericano; y es paradójico que se hable negativamente del consumo de huevo por su contenido de colesterol, en lugar de hacer valer el valor nutritivo de este alimento; el bajo poder adquisitivo y la idiosincrasia de nuestros pueblos, contribuyen a que se presente este fenómeno.

El sector avícola del país está viviendo una de las crisis más grandes en la historia nacional, como consecuencia de varios factores, entre ellos, el consumo irregular, ventas por debajo del precio de producción, comercio desleal, ineficaz desempeño en la avicultura nacional y exceso de subproductos no aprovechados.

Se hace necesario que la rama avícola de Guatemala, logre minimizar sus pérdidas y maximizar sus ganancias, es decir se haga más eficiente y rentable. Es en este renglón en el cual los huevos que se fraccionan y todas aquellas unidades que no se consumen directamente se deben aprovechar, logrando así la reducción de pérdidas por exceso de subproductos y desechos.

Se requiere prolongar la vida útil del huevo de gallina; para hacer a la industria avícola nacional más rentable, y por ende, más competitiva; sin embargo, como huevo fresco, no puede prolongarse su vida, pero se puede procesar y obtener productos sustitutos del huevo fresco, ampliando de esta manera los usos del huevo, y los segmentos de mercado de consumo.

Al procesar los huevos de gallina se estarán creando nuevas fuentes de trabajo. También se logra estandarizar la calidad, reduciendo o eliminando fuentes de contaminación, contribuyendo de esta manera a la protección de la salud de la población nacional.

3. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la factibilidad técnica del proceso de deshidratación de los huevos de gallina para consumo humano en Guatemala, mediante el método de aspersión.

Objetivos específicos

1. Proponer recomendaciones para minimizar pérdidas en el sector avícola del país, maximizando el aprovechamiento de los huevos de gallina.
2. Determinar la factibilidad técnica de producir huevo en polvo, que cumpla con un estándar de calidad, sea de fácil almacenamiento y cuente con diversidad de usos; como sustituto del huevo de gallina.
3. Obtener una harina de huevo, de calidad, a través del método de deshidratación por aspersión.
4. Determinación técnica del rendimiento del proceso de aspersión al hacer variaciones en el porcentaje de agua utilizada y porcentaje de cloruro de sodio agregado a la cantidad inicial de huevo líquido.

4. HIPÓTESIS

Es técnicamente factible producir en Guatemala, harina de huevos de gallina, por el método de aspersion, para ser utilizada en el mercado nacional en los distintos segmentos: doméstico, comercial e industrial.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Generalidades, las proteínas.

Las proteínas son polímeros naturales, hechos de monómeros denominados aminoácidos y son componentes esenciales de la dieta humana. Durante la digestión, las proteínas se degradan para producir sus aminoácidos constituyentes, que se absorben y se vuelven a estructurar para formar las proteínas que necesita el cuerpo humano para su buen funcionamiento y desarrollo.

Las proteínas pueden clasificarse, con base en su forma en dos grupos: Proteínas fibrosas y proteínas globulares, y de acuerdo a su función pueden clasificarse como: proteínas pasivas y activas. (Ref. 3)

El cuerpo humano requiere las proteínas para el crecimiento y reparación de tejidos. Es evidente que la necesidad de proteínas cambia según la edad, siendo el requerimiento mayor en los niños que en los adultos. Y en los adultos durante el período de gestación y lactancia, así como enfermedad y cirugía se necesita mayor consumo de proteínas. (Ref. 3)

El consumo de proteínas que se recomienda a cada grupo de individuos de diversas edades, varía, de acuerdo a sus propias necesidades; así los adultos requieren típicamente un gramo de proteína por kilogramo de peso corporal, mientras que los niños requieren de dos gramos por cada kilogramo de su peso corporal.

5.2. Estructura del huevo de gallina y génesis de sus diversas partes

El huevo está constituido por las siguientes partes: cáscara o cascarón, membranas de cáscara, clara y yema.

5.2.1 Cáscara o cascarón

La carcasa o cáscara representa del 10 al 11 % del peso total del huevo. Está formada principalmente por carbonato cálcico, que representa el 94% del peso de su sustancia seca y además contiene queratina.

Se caracteriza por la presencia de numerosos poros, los cuales permiten los intercambios gaseosos, del embrión durante la incubación si se trata de un huevo fertilizado.

Cuando el huevo envejece a medida que el aire entra a través del cascarón, se agranda el espacio lleno de aire en el extremo romo entre la membrana de la cáscara y ésta; si ésta célula de aire está grande, es un indicio de que el huevo ha estado almacenado y que está menos fresco.

Cuando se lavan los huevos, pierden el revestimiento exterior o cutícula, dejando expuestos los poros de la cáscara. Bajo éstas condiciones, es más fácil que entren bacterias al interior del huevo a través de los poros.

5.2.2 Membranas de la cáscara

Como capas protectoras frente a roturas e invaciones microbianas, el huevo tiene una membrana interna y una carcasa externa formadas por queratina.

Su espesor es de sólo 0.01 a 0.02 mm. Son dos delgadas láminas de quitina , perfectamente adherentes entre sí en el momento de la puesta. Luego por enfriamiento del huevo y contracción de su contenido, las membranas de la cáscara se separan en la zona del polo obtuso, dando origen así a la cámara de aire, elemento de cierta importancia, para valorar si el huevo es fresco o no. (Ref. 3 y 4)

Al clasificar un huevo en la categoría A, la altura de la cámara de aire no excederá de los 6 mm, haciéndose ésta medición cuando el huevo se encuentra inmóvil.

5.2.3 Clara

Presenta una estructura no homogénea. En efecto, se diferencia en ella una parte llamada hialina, otra parte llamada fluida y dos cordones de material más consistente, mediante los cuales queda suspendida la yema, que reciben el nombre de chalazas. La clara densa y la clara fluida se disponen en capas concéntricas. (Ref. 4)

5.2.4 Yema

Tiene forma esférica y se halla limitada por una delgada membrana llamada: Membrana Vitelina; está constituida por capas concéntricas que se distinguen por su diferente pigmentación; las capas blancas más ricas en agua, alternan con las capas amarillo-rojizas más ricas en proteínas y lípidos. (Ref. 3)

5.3. Composición química y valor nutritivo de los huevos

Los diversos principios nutritivos (grasas, proteínas, aminoácidos, sales) se hallan distribuidos de forma desigual en la clara y en la yema: las sustancias grasas se localizan principalmente en la yema, y están representadas en buena parte por fosfolípidos (entre ellos lecitina); también se halla presente el colesterol y los ácidos grasos, predominando los de cadena larga, saturados o insaturados (ácido palmítico, ácido esteárico, ácido oleico, ácido linoleico; y otros más).

La yema representa del 30 al 32 % del peso total del huevo. Aproximadamente, el 50% de la yema es agua, siendo rica en grasas y proteínas.

La yema es pobre en hidratos de carbono su composición media oscila entre 1 al 1.5 %. Una pequeña parte de los hidratos de carbono es glucosa en estado libre. Su grasa está compuesta por colesterol (solo un 5% del total graso) y sobre todo por triglicéridos y fosfolípidos. Esta composición puede variar mucho dependiendo del tipo de alimentación que se le dé a la gallina.

En cuanto al contenido de sales, los elementos más importantes son fósforo, calcio y potasio.

La yema es rica en vitaminas A, D, E y K liposolubles y fosfolípidos entre ellos un emulsificante llamado lecitina. Además en su composición están presentes las vitaminas hidrosolubles, entre las cuales podemos mencionar la tiamina (B1), riboflavina (B2), ácido pantoténico; en menor proporción contiene piridoxina (B6), y niacina (PP). (Ref. 1)

El valor calórico de la yema es muy elevado dado su alto contenido de materias grasas, el cual oscila alrededor del treinta por ciento (30%).

La clara representa el 60% del peso total del huevo. Es muy rica en agua y pobre en grasas ya que contiene tan sólo del 0.1 al 0.2 % de ellas; por lo que su valor calórico es bajo. Es rica en proteínas, entre las cuales destacan ovoalbúmina, conalbúmina, ovomucoides.

La composición química media del huevo líquido, expresada en porcentajes se observa en el Apéndice 2.

5.3.1 Principales proteínas del huevo

En la clara del huevo encontramos, las siguientes proteínas: ovoalbúmina, que es de tipo fibroso, su importancia radica en ser aproximadamente el 70% de la proteína de la clara de huevo. La conalbúmina, proteína también de tipo fibroso y cabe señalar que contribuye a la capa de los grupos horneados.

La ovomucina que es una proteína conjugada de alto peso molecular. La lisozima, proteína de tipo globular y su importancia radica en ser un agente antibacteriano, natural, que se encuentre también en las lágrimas, y la avidina, la cual hace que la biotina no esté disponible.

En la yema del huevo encontramos principalmente la lipovitenila que es una fosfoproteína, la cual conforma alrededor del 30% de las proteínas de la yema del huevo.

5.3.2 Origen de la infección bacteriana más común en Guatemala

En Guatemala, debido a su alto porcentaje de analfabetismo, constantemente se realizan campañas por radio y televisión para indicar las normas de higiene a seguir para evitar brotes infecciosos alimentarios.

Pero no hay que olvidar el habitat natural de los microorganismos en el tracto intestinal de las personas y animales; así como sus ambientes. Principalmente hay que señalar aquellos organismos de naturaleza ubicua tal es el caso de la salmonella.

Las salmonellas pueden transmitirse de animal a animal, en la etapa de producción o más tarde, durante su tratamiento industrial. Pueden pasar de los animales a las personas por vía de animales salvajes o domésticos, o por interacciones directas (ganaderos y reses), o como resultado de una manipulación inadecuada de los alimentos o por consumo de alimentos de origen animal, crudos o insuficientemente cocidos.

Entre los alimentos que con mayor frecuencia se han asociado a los brotes de toxiinfecciones alimentarias de acuerdo a datos estadísticos del Ministerio de Salud Pública de Guatemala, podemos citar: alimentos de pastelería y repostería, salsas, mayonesas elaboradas con huevo crudo y otros alimentos de origen animal.

Debido a las implicaciones microbiológicas en el huevo de gallina, como alimento de origen animal, a continuación se tratará el tema de la salmonellosis.

5.3.2.1 Salmonellosis

Bajo el género salmonella se agrupan los más de tres mil serotipos conocidos de éste microorganismo causante de más de 40% de las toxiinfecciones alimentarias que se producen en la actualidad.

La salmonella es una bacteria, que pertenece al grupo llamado enterobacteria, es un animal microscópico que se encuentra relacionado con otros miembros del mismo grupo, tales como E. Coli, proteus y Klebsiella. Se dice que es un organismo ubicuo, pues se encuentra en todas partes, lo que denota que no es un microorganismo que ataque exclusivamente a las aves de corral y a los huevos de las mismas; pudiéndose encontrar por tanto en el suelo, agua, aguas residuales, maquinaria de tratamiento, productos alimenticios, superficies de trabajo, utensilios, etc.

Todos los miembros de este género son patógenos potenciales para el hombre y animales homeotermos. En la actualidad, se han detectado más de 3,000 tipos diferentes de Salmonella y a cada tipo se le llama serotipo. A cada serotipo se le da el nombre de la ciudad o localidad en la que se ha aislado; sin embargo, los más recientemente descubiertos, son denominados en forma numérica.

Las salmonellas poseen un metabolismo respiratorio fermentativo, siendo la mayoría de las especies móviles por flagelos. Existen también formas mutantes que pierden la movilidad, crecen en medios sencillos de glucosa, nitrógeno inorgánico y sales minerales; que necesitan solo algunos factores esenciales, como vitaminas y aminoácidos azufrados. A excepción de S. typhi producen gases a partir de los azúcares.

Estadísticamente, el serotipo más encontrado es el *S. enteritidis* variedad *typhimurium*. Este microorganismo produce enfermedad, en las aves, debido a su propiedad de invadir el organismo de los animales, encontrándose en el cuerpo o en la sangre, también se transmite a través del ovario. Los ovos (estructura preliminar del huevo) infectados se transforman en las yemas de los huevos, y en los sacos embriónicos de los pollitos. De esta manera la madre infecta a la cría.

La salmonella sigue siendo la principal causa de gastroenterocolitis bacteriana y uno de los más frecuentes motivos de ingreso en un hospital pediátrico. (Ref. 2)

Los huevos con cáscaras agrietadas o manchadas han sido los principales vehículos de salmonella en diversos brotes. La infección de la cáscara puede transmitirse a las instalaciones de tratamiento de productos elaborados con huevos y de la maquinaria al ambiente y a las personas. Como quiera que los huevos líquidos se almacenan en grandes tinajas, un sólo huevo contaminado puede infectar la totalidad del contenido. (Ref. 7)

El huevo es, por definición, estéril en el momento de ser puesto por la gallina. Sin embargo, algunas bacterias como las salmonellas pueden invadir los ovarios de las gallinas y contaminar la yema antes de que el huevo se forme. Sólo una pequeña proporción de los huevos frescos contiene organismos viables de modo que el recuento bacteriano es relativamente bajo.

La contaminación bacteriana de la cáscara se debe principalmente, al contacto con los materiales del nido, plumas, polvo, patas y cuerpo del animal y, sobre todo, de origen intestinal procedente de la gallina, así como a la manipulación y almacenamiento ulteriores.

El deterioro de los huevos se debe principalmente a bacterias Gram negativas, la salmonella pertenece a éste grupo.

La llamada pudrición blanca del huevo se asocia a microorganismos como salmonella, citrobacter, alcalígenes y se caracteriza por la presencia de filamentos oscuros en la clara transparente. La yema aparece manchada al observarla al trasluz y muestra una costra despidiendo un olor afrutado característico. Dicha pudrición es llamada también huevo pútrido incoloro.

5.3.2.2 Medidas de control

Las precauciones necesarias para el control de la salmonellosis son: evitar la contaminación, evitar el crecimiento y destruir los microorganismos.

El control de las salmonellas en los alimentos incluye la adquisición de materias primas libres de contaminación y un tratamiento especialmente de tipo térmico, para que se dé un almacenamiento y distribución en condiciones que impidan el desarrollo de aquella, mejor es aplicar el proceso de pasteurización al alimento, con miras de destruir toda salmonella posible.

El calor es el principal método de destrucción de las salmonellas, al alcanzar 59C éste microorganismo es destruido. La resistencia al calor depende asimismo del valor AW (agua libre) del alimento. La resistencia al calor para la S. anatum es máxima con un valor AW que oscile entre 0.75 a 0.80. (Ref. 3)

5.4 Usos del huevo de gallina

Existen, muchos factores que contribuyen en acelerar el proceso de descomposición del huevo. Los rangos de temperatura y humedad juegan un papel importante en su mantenimiento. Por ello, es necesario buscar industrialmente opciones distintas, que permitan manejar, proteger y almacenar durante más tiempo los huevos de gallina, y hacerlo a gran escala.

Al hablar de productos del huevo, debemos considerar que la industria maneja productos diversos en presentación, que contienen la totalidad del huevo, sólo una parte, o bien mezclas en las cuales la mayor proporción es el huevo y se le agregan otros productos en menor cantidad.

En todos los casos es obvio que lo que se busca principalmente es el aprovechamiento de sus propiedades funcionales.

5.4.1 Propiedades funcionales del huevo

- a.) El huevo posee la cualidad de ser ligante; o sea aquella que ayuda a modificar o mantener cierta estructura y/o textura en un producto determinado. Un ejemplo común es el uso del huevo líquido para ligar en la masa de los pasteles, leche y saborizantes.
- b.) Formación de emulsiones: un emulsificante natural propio de la composición de los huevos de gallina es la lecitina.

- c.) **Coloración natural:** el color de la yema depende en gran parte del alimento que se le ha dado a la gallina; los alimentos que contienen muchos carotenoides producen yemas más oscuras, preferidas en algunos mercados en la fabricación de alimentos a fin de dar un color dorado a los productos horneados y otros como tallarines y mayonesas.
- d.) El huevo además facilita el batido; esto va relacionado con la siguiente propiedad.
- e.) **El espumado:** que permite la incorporación de aire. Tanto la propiedad de batido como el espumado tienen aplicación en la industria de los helados cremosos.
- f.) **Imparte o retiene humedad.**
- g.) **Permite la formación de gel y coagulación.**

5.4.2 Clasificación industrial

De acuerdo a su presentación en el momento de la comercialización se hace la clasificación del huevo de la siguiente manera:

- a.) **Huevo líquido**
- b.) **Huevo congelado**
- c.) **Huevo deshidratado**
- d.) **Especialidades**

(Ref. 4)

a.) Huevos líquidos

En el caso de los huevos líquidos pueden utilizarse huevos enteros, o sea utilizando yema y clara; o bien sólo yema o sólo clara.

Usos: se utilizan para consumo inmediato. En un plazo no mayor de 72 horas después de su elaboración; preferentemente en procesos que requieren grandes volúmenes.

Empaque: contenedores que pueden ser desde 4 a 30 000 kg. de capacidad; incluyendo bolsas asépticas, cubetas, tambores y pipas.

Ventajas: las propiedades funcionales casi no se alteran durante este proceso, por lo que no hay diferencia con respecto al producto natural.

b.) Huevos congelados

Incluyen huevos enteros, huevo entero adicionado de yema, huevo entero extendido en jarabe de maíz, yema salada o azucarada, en porcentajes de alrededor del 10% y mezclas con diferentes contenidos de sólidos de huevo.

Usos: los productos congelados se utilizan en procesos en los cuales, su disponibilidad es planeada y no necesariamente inmediata, o bien por algún cambio en la línea de producción y por ende el consumo del producto permite su conservación y almacenamiento.

Empaque: contenedores de 4 a 18 kg; incluyendo bolsas y cubetas. En algunos casos se pueden encontrar tambores de 200 litros con bolsa interior de polietileno.

Ventajas: fácil aunque costoso manejo de inventarios; la presentación en cubetas o tambores y su conservación facilitan la posibilidad de obtener la cantidad necesaria que se quiera usar en lugar de manejar lotes completos, como en el caso de los líquidos. Así, su control en almacén puede ser por lote, fecha de producción, número de cubetas, etc. ; se cuenta con una calidad uniforme y de propiedades casi iguales a las del producto natural, ya que la congelación no afecta mayormente las propiedades funcionales del huevo, y ayuda a reducir la cuenta bacteriana. En cuanto al tratamiento industrial del huevo, la congelación del huevo líquido de forma inadecuada puede acarrear crecimiento microbiano e incluso la corrupción del producto.

La temperatura del huevo líquido debe llevarse a -12°C en las primeras 60 horas que suceden a la pasteurización. Si se congela correctamente, se reduce la carga microbiana e incluso el almacenamiento entre -15 y -18°C puede disminuir dicha carga. Al término de 60 días dentro de ese rango de temperatura, la disminución alcanza del 50 al 85 %.

c.) **Huevos deshidratados**

Puede presentarse como huevo entero, sólo albúmina (clara), o bien sólo yema.

Usos: se utilizan en procesos en donde la aplicación del huevo, tiene que ser en forma sólida o bien en donde no existen instalaciones para mantener el producto congelado o refrigerado; o cuando el costo de refrigeración es demasiado alto.

Empaque: sacos de papel kraft, cajas de cartón o cubetas de cartón con bolsa interior de polietileno cuyo contenido neto sea de 18 a 20 Kg.

Ventajas: en el caso de los productos estabilizados, la vida de anaquel es muy grande, mientras que los productos naturales tienen una vida de anaquel de un mes a temperatura ambiente, y en refrigeración cerca de un año, en los productos estabilizados (aquellos en los cuales se quitan los azúcares reductores) la vida de anaquel alcanza de 3-4 años. Se llaman productos estabilizados ya que con la remoción de sus azúcares reductores, el producto no sufre cambios físicos, ni se afectan sus propiedades, es decir queda estable.

Debido al bajo contenido de humedad; y al hecho de no necesitar refrigeración; el costo de transportación no es muy alto.

En el huevo pulverizado el 99% de las salmonellas, resultan muertas si la temperatura de entrada del aire es de 121°C y la de salida unos 60°C, dependiendo esto de los serotipos que se encuentren presentes. El rápido enfriamiento del polvo seco, indispensable para la calidad del producto, por desgracia hace que sobrevivan más microorganismos, pero como cualquier otra bacteria puede ser destruida por tratamiento químico.

d.) Especialidades

En este renglón se incluyen productos como huevos cocidos, huevos en vinagreta, huevos gourmet que se elaboran principalmente para el mercado institucional (restaurantes, hospitales, hoteles, empresas de entrega de comida a compañías). (Ref. 8)

5.4.3 Mercado de los productos de huevo

Los consumidores de los productos de huevo son las industrias productoras de alimentos procesados, las cuales los emplean conforme los usos siguientes:

- a.) Huevo entero: pastelería, panquelería y fabricación de pastas y tallarines.
- b.) Yemas: fabricación de mayonesas y aderezos para ensalada, preparación de postres, helados finos y rompopo.
- c.) Clara: elaboración de pastas finas, merengues, elaboración de chocolates y "frappe" para confitería.

En la industria existen marcadas preferencias por productos líquidos o deshidratados, ya sea por la facilidad de almacenamiento o por la adecuación al proceso.

La dificultad principal para comercializar las diferentes presentaciones, estriba en entender que el producto procesado, cualquiera que sea su presentación, vende cantidades netas, mientras que en el huevo en cascarón se paga por cantidades brutas.

La utilización de los productos de huevo en comparación con el empleo del huevo en cascarón presenta las siguientes ventajas:

- a.) Elimina el proceso de clasificación y ruptura del huevo, así como el problema de desechar al cascarón.

- b.) Elimina las mermas del huevo roto, viejo o no apto para su consumo.
- c.) Elimina la necesidad de mano de obra para su manejo ruptura y desecho del cascarón.
- d.) Permite la utilización específica de yema o clara sin obtención de subproductos.
- e.) Permite un suministro confiable, constante y estable.
- f.) Proporciona la facilidad de almacenamiento y manejo de producto.
- g.) Da mayor vida útil al producto.
- h.) Garantiza la calidad, dando constancia de sólidos, seguridad microbiológica y manejo higiénico.

A nivel mundial se muestran las importaciones y las exportaciones de huevos de gallina en diversas presentaciones desde 1994 a 1996. Apéndice 3.

Para el área centroamericana se muestran las importaciones de huevo en polvo desde 1992 a 1996, en el Apéndice 4.

5.5 Secadores por aspersión

El tipo más importante de secador por convección del aire es el que seca por aspersión. Su uso está limitado a los alimentos que pueden ser asperjados, como los líquidos y purés de viscosidad baja. La aspersión de éstos en gotitas diminutas hace posible el secado en cosa de segundos con

el aire a unos 205°C. Ya que el enfriamiento por evaporación de las partículas rara vez permite que su temperatura suba arriba de unos 83°C, y en los sistemas correctamente diseñados se sacan las partículas secas rápidamente de las zonas calientes. Esta calidad extremadamente alta se requiere en muchos materiales que son especialmente sensibles al calor, entre ellos la leche, los huevos y el café; los equipos utilizados en varios casos han sido diseñados especialmente para un producto determinado tal es el caso de los equipos utilizados, para leche. (Ref. 9)

En el secado por aspersión generalmente introducimos el alimento líquido en forma de rocío o llovizna fina en una torre o cámara junto con aire caliente. A medida que las gotitas finas hacen contacto con el aire caliente, pierden humedad instantáneamente convirtiéndose en pequeñas partículas que caen al fondo de la torre donde se les recoge. El aire caliente ya cargado de humedad, es expulsado de la torre mediante un ventilador o soplador. El proceso es continuo; constantemente se introduce el alimento líquido por bombeo a la torre y se atomiza, además se suministra aire caliente seco, para reponer el aire húmedo que se va retirando, y se recolecta el producto seco a medida que cae al fondo del secador.

Varía la construcción de los principales componentes, del sistema de secado por aspersión de acuerdo con el producto que hay que secar.

En lo referente a la torre o cámara de secado, su principal propósito es el de facilitar eficazmente el contacto entre el aire caliente y las gotitas finas dispersadas. El aire caliente y las gotitas atomizadas pueden entrar juntos a la torre por la parte superior o la parte inferior o bien entrar por separado. Se puede lograr que las partículas, hagan su descenso en línea recta o en espiral, y la cámara puede ser vertical u horizontal.

La naturaleza de la aspersión influye tanto en las características del producto secado como la geometría del secador y la dirección del aire dentro de la cámara. Existen dos tipos principales de aspersores: las boquillas rociadoras a presión y los discos o cestos giratorios centrífugos. (Ref. 1)

Los discos y cestos giratorios, en los cuales el alimento depositado es lanzado en gotitas, son preferidos en los casos en que el paso a través de una boquilla a presión con orificios muy pequeños podría dañar el alimento, como, por ejemplo, al desnaturalizar las proteínas de la clara de huevo.

También, en ocasiones, los líquidos viscosos y los purés de pulpa muy fina no pueden pasar por una boquilla fina a presión, pero fácilmente pueden ser expulsadas desde un disco rotatorio de alta velocidad.

Se espera que los aspersores produzcan gotitas de tamaño uniforme. El tamaño de las partículas también afecta la solubilidad. Las partículas grandes tienden a hundirse y las finas a flotar sobre la superficie del agua, lo cual resulta en el humedecimiento desigual y la reconstitución de productos no uniformes. Las gotitas muy pequeñas de una distribución por aspersión se sacan en forma de partículas finísimas; y éstas son difíciles de recuperarse del secador como producto, porque tienden a perderse en el aire que se escapa, aún cuando el sistema de recolección sea muy eficaz.

Durante la aspersión hay que tomar en cuenta también el ángulo de la salida de la boquilla rociadora o la trayectoria del disco giratorio. A medida que las gotitas descienden dentro de la cámara secadora, cambian del estado líquido a una condición glutinosa y luego al estado seco. Si topan con la pared del secador estando secos, no se adhieren a ésta. Pero, si su trayectoria las lleva hacia la pared antes de secarse; se adhieren allí y van

acumulándose en forma de costra, son dañadas, por el calor y difíciles de quitar.

Generalmente, se diseña la trayectoria a fin de prevenir ó reducir al mínimo el contacto con las paredes en las primeras etapas del secado. La apariencia, tamaño, forma, densidad y solubilidad de la partícula final, secada por aspersión, puede ser afectada de diversos modos por la presión de la boquilla, la viscosidad del líquido, la tensión en la superficie, la naturaleza de los sólidos etc. Es común que las partículas secadas por aspersión tengan una forma esférica, que es la forma adquirida por los cuerpos líquidos que flotan libremente.

Los colectores de polvo son estructuras cónicas más conocidas como separadores de ciclón. En este caso el aire que se escapa de la cámara secadora lleva las partículas secas al separador del ciclón en donde el aire se convierte en remolino, lanzando a las partículas secas contra la pared cónica. Estas se sedimentan, de manera que se les puede sacar fácilmente, mientras que el aire ya casi libre de partículas, sale por la parte superior. Los requisitos de productos especiales determinan otras variaciones en el diseño y la operación de los secadores por aspersión. En un método el alimento líquido, por ejemplo, leche o café, se convierte en espuma antes de ser introducido por aspersión al secador.

Esto acelera la velocidad del secado, debido a la mayor área superficial de las gotitas de espuma agrandadas, y da un producto, seco más ligero. Se conoce como el secado por aspersión de espuma. (Ref. 1)

6. METODOLOGÍA

6.1 Recursos

6.1.1 Ubicación

La parte experimental del presente estudio, se llevó a cabo en las instalaciones "Del Ave S.A.", cuya planta está ubicada en el kilómetro 16.5 carretera hacia Villa Canales.

6.1.2 Materiales:

Los materiales utilizados se enumeran a continuación:

- a) Huevos de gallina
- b) Cloruro de sodio
- c) Materiales de empaque
 - Sacos de polietileno
 - Bolsas de papel.
- d) Hipoclorito de sodio al 5%.
- e) Antioxidantes
- f) Preservantes

6.1.3 Equipo

6.1.3.1 Unidad de secado propiedad de "Del Ave S.A."; tipo secador por aspersión cuya descripción se acompaña en el diagrama. (APÉNDICE 5).

6.1.3.2 Caldera marca Power Master 100 Hp

6.2 Metodología aplicada

Se ha realizado una investigación en el sector avícola de Guatemala en la cual se determina el problema existente en la producción, venta y consumo de huevos de gallina en el mercado nacional, como consecuencia de ello se efectúa un estudio de las diferentes opciones existentes para el procesamiento del huevo de gallina para su utilización en diversos segmentos del mercado; llegando a optar por la deshidratación del huevo de gallina por el método de aspersión; haciendo una solicitud a los propietarios de la empresa "Del Ave S.A.", para realizar el trabajo experimental en sus instalaciones.

Se emplean huevos de gallina; de una misma granja; lo más frescos posible, para mantener una materia prima con similares características, se llevan a cabo 20 diferentes corridas en las que se le da mayor énfasis al % de agua y cloruro de sodio (NaCl) agregado en relación al rendimiento obtenido. Cada una de éstas muestras se realiza de la siguiente manera:

- a. Compra de huevos de una misma granja y de igual clasificación de tamaño.
- b. Lavado de huevos con agua y jabón
- c. Desinfección de huevos: utilizando una solución de hipoclorito de sodio al 5% y agua, con una concentración de 7 p.p.m.
- d. Ruptura de cascarón de los huevos en forma manual.
- e. Filtración: la mezcla de yema y clara obtenida; se hace pasar por un tamiz para eliminar los residuos de cascarón presente.
- f. Control de peso de la cantidad de yema y clara (huevo líquido), y de la cantidad de cascarón (subproducto).

- g. Adición de NaCl en cantidades que oscilan de 0%, hasta un máximo de 2% sobre el peso del huevo líquido.
- h. Adición de H₂O en cantidades que varían desde 0% hasta un máximo de 75% sobre el peso del huevo líquido.
- i. Homogenización de la mezcla, utilizando un agitador de 1350 rpm y con motor de ¼ Hp.
- j. Preparación del equipo: Encendido de la caldera y en el momento de llegar a su presión de trabajo 130 p.s.i. se deja calentar el sistema en vacío hasta alcanzar la temperatura deseada de ingreso del aire 225 °C y en la cámara 60 °C.
- k. Alimentación del sistema de aspersión, con la mezcla homogenizada.
- l. Chequeo de operación del sistema, de manera que opere correctamente.
- m. Recolección del producto terminado existente.
- n. Empaque del producto obtenido.
- o. Control de pérdidas: dejar enfriar el equipo y revisar internamente cuál ha sido su comportamiento, en cuanto a pérdidas en equipo.
- p. Peso de la muestra resultante.
- q. Cálculo del rendimiento.
- r. Análisis organoléptico y de solubilidad de la muestra.
- s. Las muestras que alcancen el nivel satisfactorio del inciso q y r se someterán a inciso t y u.
- t. Análisis microbiológico y proximal de la muestra aceptada. Empleando métodos AOAC. (Realizado por el Laboratorio Industrial San Cristobal).
- u. Análisis sensorial y análisis funcional.

6.3 Cálculos

El cálculo de muestra que se detalla a continuación es para la corrida en la cual se logró el máximo rendimiento.

6.3.1. Cálculo de rendimiento después de la ruptura del huevo:

Peso muestra total 99.12 libras = 100%

Peso sólo cáscara 13.88 libras = 14.00%

Peso de yema más clara 85.24 libras = 86.00%

6.3.2. La alimentación del equipo está formada por:

a.- *Peso de huevo liquido: o sea la parte comestible del huevo.*

$(630 \text{ unidades}) \times (61.427 \text{ grs/unidad}) \times (1 \text{ libra}/454 \text{ grs}) = 85.24 \text{ libras de yema más clara.}$

b.- *Peso del porcentaje de cloruro de sodio agregado:*

Se utiliza en éste caso el 2% en peso de la muestra o sea 1.98 libras de cloruro de sodio, con tan sólo el 0.1% de humedad, o sea que de sólido se tiene 1.978 libras de NaCl.

c.- *Peso del porcentaje de agua adicionado a la muestra:*

Se agrega a la muestra el 50% en peso de la muestra de agua, o sea 42.62 libras de agua.

6.3.3. Balance de masa:

De acuerdo a la ecuación general se tiene que:

Lo que entra = lo que sale.

En base húmeda:

Entra = huevo líquido + cloruro de sodio + agua agregada.

Sale = huevo en polvo + cloruro de sodio + agua evaporada + pérdidas en el equipo + cenizas.

Alimentación:

Entran = 85.24 libras de huevo líquido + 1.98 libras de cloruro de sodio + 42.62 libras de agua adicionada = **129.84 libras totales al inicio del proceso.**

En base seca:

Se consideran tan sólo los sólidos al inicio y los sólidos al final. El huevo líquido contiene el 74% de humedad, por lo tanto el 26% es de sólidos.

El cloruro de sodio tiene al inicio el 0.1% de humedad.

Por lo tanto en base seca el ingreso será:

$(85.24 \times 0.26) = 22.16$ libras de huevo

$(1.98 \times 0.999) = 1.978$ libras de cloruro de sodio

Ingreso total = $22.16 + 1.978 = 24.14$ libras totales

Salida = huevo en polvo con 9.90% de humedad + cloruro de sodio + agua evaporada + pérdidas + cenizas.

Salida = 25.46 (libras de huevo en polvo + libras de cloruro de sodio con 9.90% de humedad) + 0.08 libras de cenizas + 102.87 libras de agua evaporada + 1.43 libras de huevo con el 46.14% de humedad consideradas como pérdidas en el equipo = **129.84 libras totales al final del proceso.**

Teóricamente, se espera alcanzar un máximo de sólidos del 37.90% con un 9.90% de humedad incluida:

Sólidos del huevo líquido = 26%

Sólidos de NaCl despreciando el 0.1% de humedad que contiene = 2%

El producto final se acepta con el 9.90% de humedad.

Porcentaje total esperado 37.90% sobre la base sólida inicial más el nivel de humedad aceptado al final.

El valor en la *muestra analizada* esta dado por:

Sólidos del huevo 22.16 libras

Sólidos de NaCl 1.978 libras

Porcentaje de agua aceptado 2.389 libras.

Total = 26.53 libras de producto final (valor teórico máximo)

El valor real obtenido es de 25.46 libras de producto final, lo que nos indica que se está alcanzando el 95.96% sobre el rendimiento esperado.

7. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el diseño experimental se utilizó el método de Tuckey, dicho método de análisis estadístico se encuentra incorporado en el programa SAS para Windows versión 95 ó 98, al cual se tiene acceso en la Facultad de Ingeniería en el Departamento de Estadística de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En este método se hace un análisis de las dos variables involucradas en éste experimento, ordenando los datos en forma de bloque (% de agua) y tratamiento (% de cloruro de sodio). Introduciendo los datos al programa se tiene como resultado dos tablas la primera es la tabla ANOVA y la segunda la tabla de resultados de Tuckey.

TABLA I

ANOVA

Tabla de los resultados obtenidos de los experimentos realizados utilizando como parámetro de medición estadística el método de Tuckey

Variable Dependiente: HP: % rendimiento obtenido de huevo en polvo

Source	DF	Sum of Squares	Mean Squares	F Value	Pr > F
Model	7	1105.8798	157.982828	51.17	0.0001
Error	12	37.048780	3.0873983		
Corrected Total	19	1142.9285			
		R-Square	CV	Root MSE	Ho
		0.967584	7.4519675	1.7570994	23.5
Source	DF	Anova SS	F.V.	MS	Pr > F
% NaCl	4	557.94	45.18	139.48	0.0001
% H ₂ O	3	547.93	59.16	182.64	0.0001

DF = número de grados de libertad

HP = variable dependiente

Source = fuente

Model = modelo (variación de medias muestrales)

Error = error

Corrected Total = corrección total

Sum of Squares = suma de cuadrados de tratamientos

Mean Square = suma de cuadrados de bloques

F Value (FV) = medias de los bloques (Valor de Fisher)

PR > F = niveles de significación observados

F = probar la igualdad de las medias de los bloques y los tratamientos

Root MSE = suma de cuadrados del error = variación sin explicar

Ho = hipótesis nula

R Square = diferencia entre las estimaciones medias para los tratamientos estimadores.

TABLA II

TUCKEY

Tabla comparativa de los resultados obtenidos experimentalmente según el % de NaCl agregado a la muestra utilizando el método de Tuckey

Tuckey Grouping	Mean	N	TRAT
A	29.067	4	5
A	27.808	4	4
A	25.912	4	3
A	20.145	4	2
A	14.963	4	1

Tuckey Grouping = grupo Tuckey

Mean = inferior

N TRAT = número de tratamiento

A = diferencia de nivel

TABLA III

Evaluación sensorial por el método de diferencia utilizando una prueba triangular

No. de panelistas	Si detectó diferencia	No detectó diferencia
34	14	20

probabilidad = 0.213

nivel = 0.5

8 RESULTADOS

Tabla IV

Peso de huevo entero, peso de cáscara, peso de huevo líquido

No. Corrida	Lbs. HE	Lbs. C	Lbs. HL
1	99.11	13.90	85.21
2	99.11	13.89	85.22
3	99.12	13.88	85.24
4	99.11	13.87	85.24
5	99.12	13.89	85.23
6	99.12	13.88	85.24
7	99.12	13.88	85.24
8	99.12	13.89	85.23
9	99.12	13.88	85.24
10	99.12	13.88	85.24
11	99.12	13.88	85.24
12	99.12	13.88	85.24
13	99.12	13.88	85.24
14	99.12	13.88	85.24
15	99.12	13.88	85.24
16	99.12	13.89	85.23
17	99.11	13.87	85.24
18	99.11	13.87	85.24
19	99.12	13.88	85.24
20	99.12	13.88	85.24

Simbología utilizada cuadro 1

HE = huevo entero

C = cáscara

HL = huevo líquido

Tabla V

Porcentaje de rendimiento con 0% de agua y NaCl de 0 – 2 %

% NaCl	% RENDIMIENTO
0	10.99
0.5	13.30
1	17.27
1.5	17.76
2	18.70

Tabla VI

Porcentaje de rendimiento con 25% de agua y NaCl de 0 – 2%

% NaCl	% RENDIMIENTO
0	15.28
0.5	21.52
1	27.91
1.5	30.25
2	31.60

Tabla VII

Porcentaje de rendimiento con 50% de agua y NaCl de 0 – 2%

% NaCl	% RENDIMIENTO
0	20.26
0.5	26.36
1	32.67
1.5	34.98
2	36.37

Tabla VIII

Porcentaje de rendimiento con 75% de agua y NaCl de 0 – 2%

% NaCl	% RENDIMIENTO
0	13.32
0.5	19.40
1	25.80
1.5	28.24
2	29.60

Tabla IX

Análisis microbiológico del huevo en polvo

Conteo total	< 3
Coliformes totales	negativo
Escherichia Coli	negativo
Salmonella Sp	negativo
Shigella Sp	negativo
Staphylococcus	negativo

Tabla X

Análisis proximal del huevo en polvo

Humedad	9.90%
Proteína cruda total	42.10%
Grasa total	40.50%
Cenizas	5.70%
Indeterminado	1.80%

Tabla XI
Análisis de cáscara de huevo

Carbonato de calcio	64.50%
Calcio total	25.85%

Tabla XII
Análisis funcional

Huevos Frescos	Equivalencias
1	12 gr. de huevo en polvo +40 ml. de agua

Se obtiene una porción de huevo revuelto

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para llevar a cabo el proceso de aspersión la unidad con la cual se efectuaron las pruebas del presente trabajo, está diseñada para poder utilizar boquillas rociadoras a presión o bien un juego de discos giratorios concéntricos a alta velocidad. En este caso particular se comprobó, en forma preliminar que la aspersión, para el caso del huevo como alimentación del equipo se hace más eficiente utilizando aspersores tipo discos giratorios de alta velocidad, ya que con el juego de boquillas rociadoras, la propiedad ligante característica del huevo líquido obstruye los orificios de las boquillas produciéndose, no gotas tipo rocío, como se requiere, sino más bien grandes ligas. A esto debemos sumar lo que menciona la literatura: "Una boquilla a presión con orificios muy pequeños puede dañar al alimento, tal es el caso que se da al desnaturalizarse las proteínas de la clara del huevo". (Ref. 1)

Para contribuir a la mejor distribución del flujo másico, se ha modificado la alimentación agregándole agua y cloruro de sodio en diversas proporciones a la mezcla de clara y yema original, llegando a determinar que el punto óptimo del proceso se da cuando se agrega a la alimentación inicial el 2 % de cloruro de sodio y el 50 % de agua sobre el peso inicial. El análisis estadístico (tabla I y tabla II), las tablas V a la VIII de rendimiento y la figura 2 (apéndice 6), respaldan la aseveración del punto óptimo determinado.

La influencia del agua agregada a un inicio es relevante para que el proceso alcance un mejor rendimiento; sin embargo ésta tendencia es cierta siempre y cuando el proceso se mantenga en un intervalo comprendido de 0 al 50% de agua agregada; ya que a partir de éste nivel los resultados se revierten haciendo el proceso ineficiente y honeroso, por el exceso de agua que el equipo se vería forzado a eliminar. El agua agregada permite una mejor fluidez.

El cloruro de sodio es aprovechado por ser preservante natural aceptado internacionalmente en huevos en polvo, así como por su característica de sabor muy propia, la cantidad límite, que se puede aceptar en la mezcla esta regulada por el sabor mismo que ésta transfiere al producto final, y deberá ser casi imperceptible, a nivel internacional existe un reglamento que obliga al productor de huevo en polvo que indique explícitamente cuando contenga cloruro de sodio. Es importante el papel del cloruro de sodio pues además del sabor que transfiere, se debe considerar que al efectuarse la deshidratación del huevo, se da la pérdida parcial de los componentes volátiles del sabor, y además la pérdida en algún grado de la capacidad de rehidratación, la sal posee la propiedad de ser hidrocópica, y por lo tanto contribuye cuando es mezclada desde el inicio a minimizar los daños, atrapando los vapores producidos por el secador y aunque en menor escala le devuelve al producto sus características perdidas o atenuadas en el proceso de deshidratación.

Otro aspecto a considerar, es que al formarse la mezcla de agua, más huevo líquido más cloruro de sodio, ésta se homogeniza, hasta formar pequeñas burbujas, lo cual unido al vacío que se forma dentro de la cámara, da como resultado un producto cuyo nivel de porosidad, permite obtener una buena solubilidad. Esto se manifiesta al hacer un análisis comparativo entre

la cantidad de agua que posee al inicio el huevo líquido y la cantidad de agua con la cual se rehidrata y solubiliza el huevo en polvo : se mezclan 12 gramos de huevo en polvo con 40 mililitros de agua. (vease tabla XII y apéndice 2). La diferencia nos permite aceptar que el producto final posee un alto nivel de rehidratación y solubilidad, ya que al inicio posee el 74% de humedad y al final oscila en un rango comprendido entre el 76 al 77% de humedad.

Debido al elevado costo de producción en la realización de cada una de las corridas de prueba, tan sólo se llevaron a cabo veinte, en cada una de ellas se han empleado un total de 630 huevos frescos enteros. Entendiéndose por huevos frescos, aquellos que presentando un olor y sabor característicos, no han sufrido más manipulaciones que una limpieza en seco, y que al ser observados al ovoscopio, aparecen completamente claros, sin sombra alguna. La cáscara es fuerte, homogénea y limpia. La clara es firme, transparente y sin enturbiamientos. La yema es de color uniforme, pudiendo oscilar del amarillo claro al anaranjado rojizo, sin adherencias con la cáscara y conservándose centrada y entera.

De acuerdo a lo que se observa en la tabla IV de resultados podemos observar que en la operación de rotura se obtiene el 14% del peso inicial correspondiente a la cáscara; mientras que el 86% equivale al huevo líquido (yema más clara). Este porcentaje de huevo líquido es el que se considera como base para alimentar el equipo atomizador, y para determinar el rendimiento correspondiente a cada una de las corridas efectuadas.

Con 0% de humedad se obtendría un máximo de 26% de sólidos; pero al agregarle el 2% de cloruro de sodio (con 0.1% de humedad); y dejándole al producto final deshidratado el 9.9 % de humedad; teóricamente

se está hablando del 37.9 % de rendimiento sobre la base líquida de huevo que alimenta al equipo. En el caso que se muestra en la tabla VII en el renglón (2% Na Cl y 50% de agua) se obtiene un máximo de 36.37% de rendimiento o sea el equivalente al 95.96% de eficiencia sobre el nivel esperado.

Estadísticamente, se aplicó al análisis de varianza el método Tuckey para establecer la significación de los aspectos evaluados: rendimiento, porcentaje de cloruro de sodio y porcentaje de agua adicionados. Los resultados que se observan en las tablas I y II, denotan que estadísticamente el % de NaCl es ligeramente más significativo que el % de agua adicionado.

De acuerdo con las pruebas funcionales realizadas para determinar hasta donde conserva el huevo deshidratado por el método de aspersión sus propiedades, se determinó lo siguiente: el huevo en polvo es un buen sustituto de un huevo fresco procesado como huevo revuelto, estadísticamente respaldado por la prueba triangular de análisis sensorial aplicada (tabla III y tabla XII). Según las investigaciones del CITA (Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos) de Costa Rica, el huevo en polvo se puede utilizar en la elaboración de embutidos, por su propiedad ligante y en panadería por sus propiedades organolépticas que presenta.

Al efectuar el análisis proximal y microbiológico de la muestra del producto aceptado se observa que el huevo entero deshidratado presenta un alto contenido proteínico y excelente calidad microbiológica (tabla IX y X), acorde a lo teórico esperado, de tal manera que su vida útil se ve alargada considerablemente hasta un máximo de tres años y además, posee las cualidades necesarias para ser consumirse a nivel humano.

Con el ánimo de aprovechar los subproductos del proceso, la cáscara del huevo es deshidratada y molida obteniéndose un producto que contiene el 64.50% de Carbonato de Calcio. En el mercado actual las materias primas que contienen carbonato de calcio oscilan entre el 85 y 95 % de carbonato de calcio, por lo tanto la cáscara de huevo previamente tratada puede ser utilizada como fuente de carbonato de calcio en los concentrados animales; así como también para fertilizantes de suelos.

CONCLUSIONES

- 1 Técnicamente, es factible la deshidratación de los huevos de gallina para consumo humano, mediante el método de aspersión; ya que se obtiene un producto estable, de larga vida útil y de gran riqueza desde el punto de vista nutricional.

- 2 Al deshidratar los huevos de gallina por el método de aspersión su calidad se ve garantizada al reducir al máximo la carga microbiana, prolongándose así en tres años su vida útil.

- 3 Para obtener un máximo rendimiento en el proceso de deshidratación del huevo por el método de aspersión se deben utilizar los discos giratorios como medios aspersores, y agregar a la alimentación inicial el 2% de NaCl y el 50% de su peso en agua.

- 4 El huevo deshidratado mantiene sus propiedades organolépticas principales según lo respalda el análisis sensorial efectuado.

RECOMENDACIONES

- 1 A la Asociación Nacional de Avicultores (ANAVI) se le sugiere implementar una planta procesadora para el deshidratado de huevo, por el método de aspersion . Esta planta permitiría aprovechar al máximo la totalidad de su producción, minimizando las pérdidas por rotura o fraccionamiento de la cáscara, y por vencimiento o descomposición del huevo fresco.
- 2 Estudiar la factibilidad económica de una planta procesadora de huevo en polvo por el método de aspersion.
- 3 Modificar la conducta de consumo en las distintas industrias nacionales en las cuales se utiliza huevo como materia prima, tales como: panaderías, fabricación de pastas alimenticias, sopas deshidratadas, consomés, embutidos, bebidas tipo ponche y al ama de casa (en el hogar, o bien de excursión) .
- 4 Estudiar casos en los cuales al variar las condiciones del trabajo (temperatura, presión y flujo másico), se determine el máximo rendimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- Alberto Anaya, "Planta procesadora de huevo líquido" , **Prensa Gráfica** (140. El Salvador : ed. Salvadoreña, 1997), pp 25.
- 2.-Antonio Ávila Martínez, "Conceptos básicos de la nutrición de la gallina", **El informador avícola**, (5ª.ed. Guatemala :Editorial Anavi,1997), pp. 33-40.
- 3.-Eleri Jones, V.L. Brownsell. "**La ciencia aplicada al estudio de los alimentos**", (3ªed.México: Editorial Diana,1993), pp. 55-68; 115
- 4.-Jorge Cuarón, " Los varios usos del huevo", **Alimentos procesamiento y empaquetado**, (23. España: Editorial Galicia, 1993), pp.40-44.
- 5.- Huberth Fournier, "**Enciclopedia de la ciencia y de la técnica**", 9 (4): 1628. 1980.
- 6.- Gobierno de Guatemala, "**Contrastes del desarrollo humano**", (2 da. Guatemala: Editorial Guatemalteca,1998), pp.55-62.
- 7.- Gobierno de Guatemala, "**Estadísticas de Centroamérica y del Caribe**" (4ta. Guatemala: Editorial Guatemalteca,1997), pp 192-198.
- 8.- Francisco Hoffman, "**Reporte ANAVI**",(Guatemala: Edit. ANAVI,1997), pp.30-32.

BIBLIOGRAFÍA

1. Anderson, E.E. Esselen. **Effect of acid, salt, sugar, and other food ingredients on thermal resistance of bacillus thermoacidurans**. Estados Unidos: Mc Graw Hill, 1994.
2. Ball C.O. y Olson, F. C. W. **Sterilization in food technology**. Estados Unidos: Mc Graw Hill, 1995.
3. Cotter Norman N Ph D. **"Ciencia de los alimentos, centro regional de ayuda técnica"**. México: Editorial Limusa, 1994.
4. Griffith C. J., Jones Eleri. **"La ciencia aplicada al estudio de los alimentos"**. México: Edit. Diana, 1993.

APÉNDICES

Figura 1.
Producción de Huevos de gallina en Guatemala de 1990 a 1996.

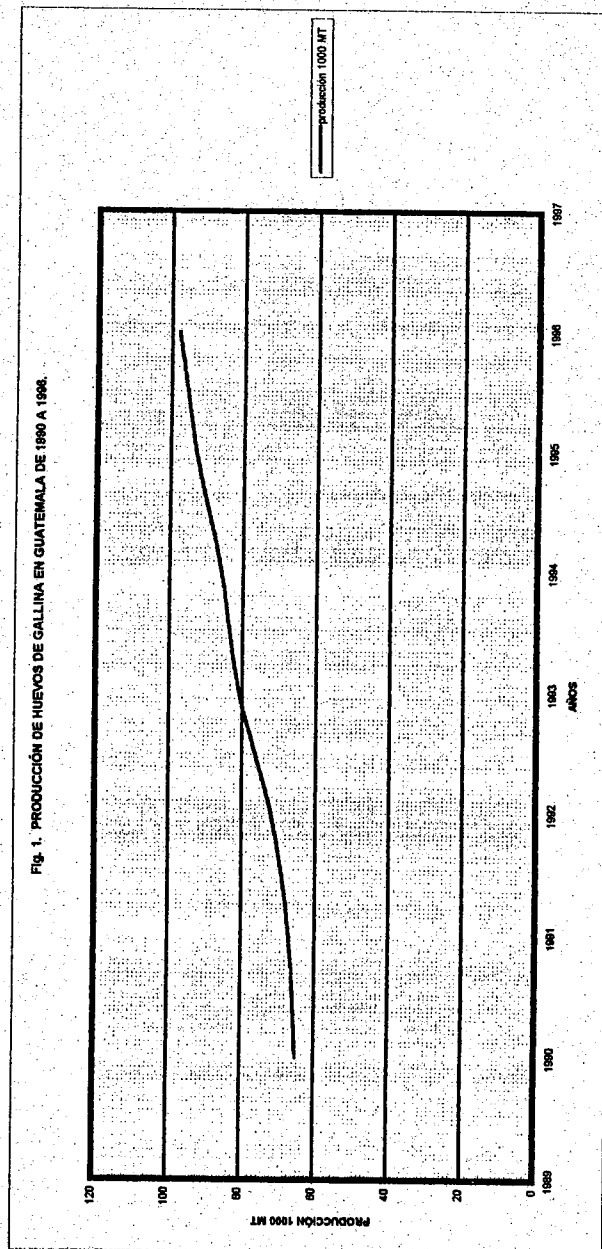


Tabla XII
Producción de huevos de gallina en Guatemala de
1966 a 1996

Año	Producción 1000 toneladas métricas
1966	28
1967	28
1968	29
1969	29
1970	29
1971	30
1972	31
1973	31
1974	32
1975	31
1976	30
1977	38
1978	38
1979	39
1980	48
1981	41
1982	45
1983	48
1984	51
1985	56
1986	58
1987	60
1988	65
1989	64
1990	65
1991	67
1992	72
1993	81
1994	86
1995	93
1996	98

Tabla XIV

Composición química centesimal media del huevo líquido expresada en porcentaje

HUMEDAD	74%
GRASA	12%
PROTEÍNAS	12.5%
HIDRATOS	0.7%
SALES MINERALES	<u>0.8%</u>
TOTAL	100 %

Tabla XV

Importaciones y exportaciones a nivel mundial de huevo de gallina en diversas presentaciones de 1994 a 1996

Presentación : huevos con cáscara

Año	Importación MT	Exportación MT
1994	795 216	850 702
1995	758 312	795 741
1996	865 182	857 291

Presentación : huevos líquidos

Año	Importación MT	Exportación MT
1994	106 172	115 451
1995	104 076	104 399
1996	109 149	112 164

Presentación : huevos en polvo

Año	Importación MT	Exportación MT
1994	22 106	24 422
1995	20 620	23 292
1996	27 770	857 291

Tabla XVI
Importaciones y exportaciones de huevo en polvo a nivel
Centroamericano de 1992 a 1996

Importaciones en MT

PAIS	1992	1993	1994	1995	1996
Guatemala	0	9	7	7	9
El Salvador	0	0	2	0	0
Honduras	0	0	2	2	2
Nicaragua	2	0	0	0	0
Costa Rica	0	0	3	17	30

Nota: ningún país centroamericano reporta exportaciones de huevo en polvo durante este período.

Figura 2.
Comparación de los rendimientos obtenidos según el % de NaCl agregado.

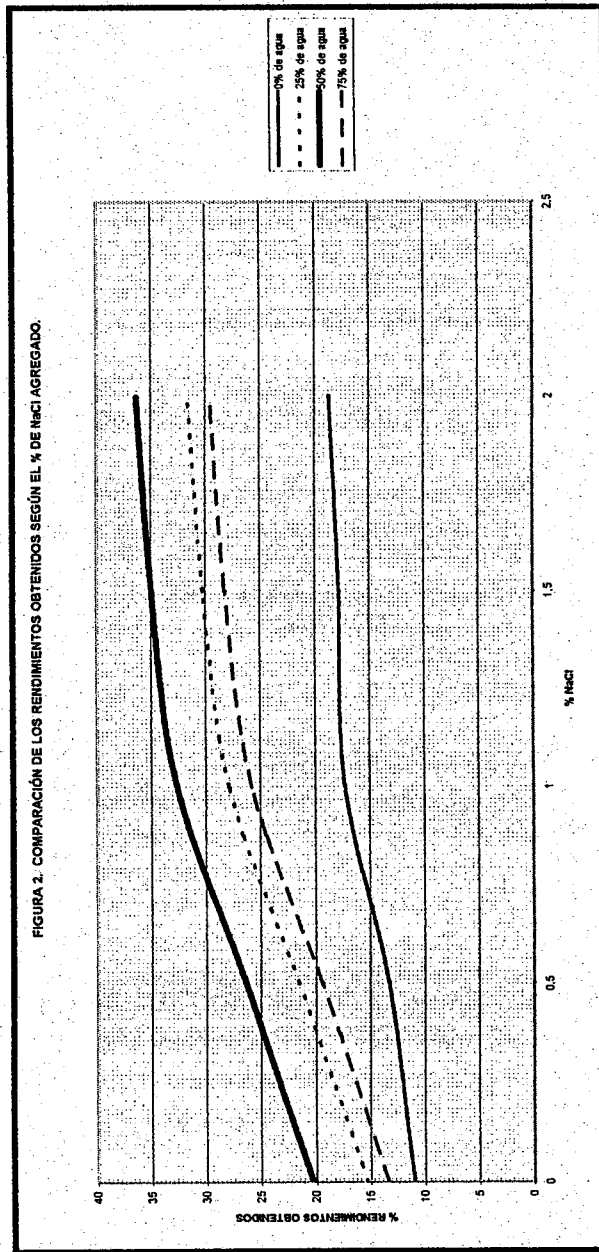


Tabla XVII

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:

1. Unidad de lavado
2. Desinfección
3. Ruptura de cascarón
4. Bomba centrífuga para trasiego
5. Agitador
6. Tanque homogenizador
7. Bomba de alta potencia para alimentación
8. Aspersor
9. Motor impulsor del aspersor
10. Cámara principal de secado
11. Motor inductor de fuerza para cepillos recolectores
12. Sección de ciclones
13. Descarga del producto, sección de empaque
14. Unidad de extracción de aire húmedo
15. Motor impulsor del extractor
16. Caldera
17. Unidad de alimentación de agua a la caldera
18. Unidad de precalentamiento del aire que alimenta al equipo de secado
19. Ventilador impulsor, alimenta el aire precalentado a la unidad de transferencia de calor.
20. Intercambiador de calor.

Figura3.
Diagrama del equipo de aspersión.

