

23, 300627  
20/1



# UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA  
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## ANALISIS Y PROCESO DEL CASCARON DE HUEVO PARA SU USO EN LA ALIMENTACION ANIMAL

### **TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO  
P R E S E N T A :  
MARIA GEORGINA RODRIGUEZ DE LEO

Director de Tesis:  
ING. J. RAFAEL DE REGIL Y GOMEZ MURIEL



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



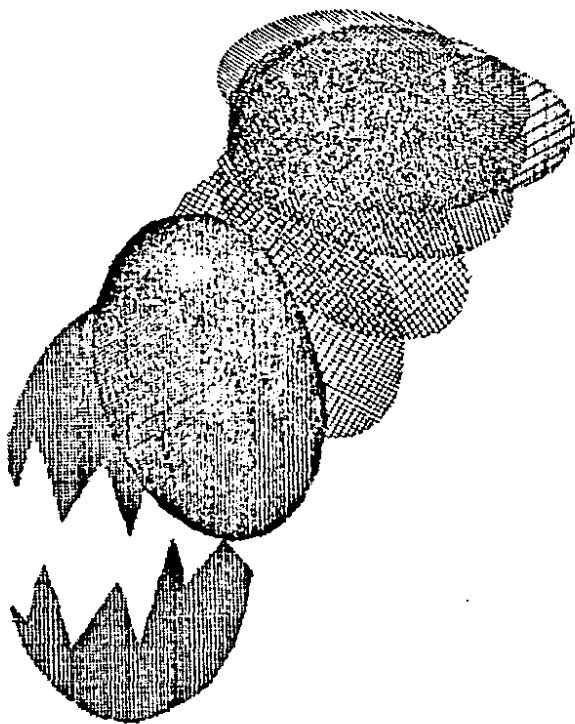
**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**ANALISIS Y PROCESO DEL CASCARON DE HUEVO PARA**



**SU USO**

**EN LA ALIMENTACION ANIMAL.**

MA. GEORGINA RODRIGUEZ DE LEO.

Tests Profesionales, D.F.B.

I N D I C E

I N D I C E

|  | Página |
|--|--------|
| OBJETIVO.  | 1      |
| I.- INTRODUCCION.  | 3      |
| II.- GENERALIDADES.  | 12     |
| A.-Formación del huevo de la gallina.  | 14     |
| B.-Estructura del huevo de la gallina.   | 15     |
| C.-Composición del huevo.  | 16     |
| 1.-Yema.   | 18     |
| 2.-Clara   | 18     |
| 3.-Cascarón.   | 18     |
| D.-Microbiología del huevo.  | 19     |
| 1.-Pasteurización de los huevos.   | 20     |
| 2.-Factores de Crecimiento de la <u>Salmonella</u> .                                     | 22     |
| 3.-Conservación de la calidad del huevo.   | 24     |
| 4.-Especificaciones generales para el aseguramiento de la calidad de los huevos enteros. | 25     |
| 5.-Lavado de los huevos.   | 26     |
| E.-Características específicas del cascarón de huevo.                                    | 26     |
| 1.-Composición del cascarón proveniente de las plantas quebradoras.                      | 27     |
| 2.-Material orgánico en el cascarón de huevo.  | 30     |
| 3.-Aspectos microbiológicos sobre la cáscara y membrana del huevo.                       | 33     |
| 4.-Usos del cascarón de huevo.   | 35     |
| F.-Carbonato de calcio.  | 36     |
| 1.-Calcio en la naturaleza.  | 36     |
| 2.-Calcio en el cuerpo humano.   | 37     |
| 3.-Aplicaciones.   | 39     |
| 4.-Especificaciones.   | 40     |
| G.-Aspecto nutricional y equipo para deshidratar el cascarón de huevo.                   | 43     |
| 1.-Secador rotatorio de tres pasos.  | 43     |
| 2.-Secador tipo un tubo relámpago.   | 43     |
| III.- MATERIAL Y METODOS PARA EL ANALISIS MICROBIOLÓGICO.                                | 47     |
| A.-Material.   | 48     |
| 1.-Equipo.   | 48     |
| 2.-Material de vidrio.   | 48     |

|  | Página |
|--|--------|
| 3.-Medios de cultivo.  | 48     |
| 4.-Reactivos y soluciones.   | 50     |
| 5.-Antisueros.   | 52     |
| B.-Métodos.  | 52     |
| 1.-Muestreo y Transporte.  | 52     |
| 2.-Tamaño de la muestra.   | 52     |
| 3.-Preparación y Dilución de la muestra para el Cuento de microorganismos.         | 53     |
| 4.-Análisis.   | 54     |
| IV.- MATERIAL Y METODOS PARA EL ANALISIS FISICOQUIMICO.                            | 64     |
| A.-Material.   | 65     |
| 1.-Equipo e instrumentos.  | 65     |
| 2.-Material de vidrio.   | 65     |
| 3.-Reactivos y soluciones.   | 66     |
| B.-Métodos para el Análisis Bromatológico.   | 66     |
| 1.-Humedad.  | 66     |
| 2.-Cenizas.  | 67     |
| 3.-Grasa cruda por el método de Soxhlet.   | 68     |
| 4.-Proteínas. Método de Kjeldahl.  | 69     |
| 5.-Fibra cruda.  | 70     |
| 6.-Sólidos totales.  | 71     |
| 7.-Extracto libre de nitrógeno.  | 71     |
| C.-Determinación de calcio y otras características físicoquímicas.                 | 71     |
| 1.-Determinación de calcio como oxalato por valoración con permanganato.           | 71     |
| 2.-Determinación de sustancias insolubles en ácido.                                | 72     |
| 3.-Determinación de alcalinidad libre como $\text{Ca(OH)}_2$ .                     | 72     |
| 4.-Gravedad específica aparente (bulk index).                                      | 73     |
| 5.-Determinación de finura.  | 73     |
| 6.-pH.   | 73     |
| V.- DESARROLLO EXPERIMENTAL.   | 74     |
| A.-Operaciones de la planta quebradora de huevo.                                   | 75     |
| 1.-Recepción y muestreo del huevo entero.  | 75     |
| 2.-Lavado y quebrado del huevo.  | 75     |
| B.-Equipo industrial.  | 77     |
| C.-Descripción de los procesos estudiados para la obtención del cascarón en polvo. | 78     |
| D.-Empaque y almacenamiento.   | 81     |
| VI.- RESULTADOS.   | 91     |
| A.-Análisis microbiológico.  | 92     |
| 1.-Análisis inmediato.   | 92     |
| 2.-Análisis post-almacenamiento.   | 93     |
| B.-Análisis físicoquímico.   | 94     |
| 1.-Análisis bromatológico.   | 94     |
| 2.-Determinación de calcio y otras características físicoquímicas.                 | 95     |

|  | Página |
|--|--------|
| VII.- DISCUSION DE RESULTADOS Y RECOMENDACIONES. | 96     |
| A.-Discusión de resultados.                      | 97     |
| B.-Recomendaciones.                              | 99     |
| 1.-Equipo.                                       | 99     |
| 2.-Proceso.                                      | 101    |
| 3.-Aspectos técnicos del secado                  | 103    |
| VIII.- EVALUACION ECONOMICA.                     | 109    |
| A.-Inversión fija.                               | 110    |
| 1.-Costos directos.                              | 110    |
| 2.-Costos indirectos.                            | 111    |
| B.-Costos de operación.                          | 111    |
| 1.-Costos variables.                             | 111    |
| 2.-Gastos fijos.                                 | 112    |
| C.-Precio de venta.                              | 113    |
| D.-Capital de trabajo.                           | 113    |
| 1.-Activo circulante.                            | 113    |
| E.-Inversión total.                              | 114    |
| F.-Utilidad bruta.                               | 115    |
| G.-Utilidad neta.                                | 115    |
| H.-Rentabilidad del proyecto.                    | 115    |
| I.-Punto de equilibrio.                          | 115    |
| IX.- CONCLUSIONES.                               | 121    |
| ESQUEMAS.  | 123    |
| BIBLIOGRAFIA.                                    | 149    |

O B J E T I V O



## OBJETIVO

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental determinar un proceso para el aprovechamiento del cascarón de huevo obtenido del quebrado mecánico; evaluando sus características microbiológicas y físicoquímicas. Así también, se considera la rentabilidad de este proyecto para su utilización como fuente de calcio en alimentos balanceados.

I N T R O D U C C I O N

## I. INTRODUCCION.

El cascarón de huevo es un material rico en carbonato de calcio - (aprox. 94%) que se obtiene como desecho durante la operación del quebrado industrial para la producción de yema salada y albúmina.

Debido a que una planta quebradora de huevo desperdicia aproximadamente 3 tons. diarias de cascarón de huevo, se han investigado las posibilidades de una adecuada utilización del producto desde el punto de vista técnico y económico.

En el presente estudio se describen diferentes procesos que llevan a decidir el método más conveniente con el que se pueda obtener cascarón de huevo en polvo. Durante el desarrollo experimental se intercalan análisis microbiológicos para poner de manifiesto la efectividad de tales procesos, en cuanto a eliminar gérmenes patógenos y disminuir la población microbiana, y análisis fisicoquímicos para lograr las características finales deseadas en cuanto a humedad, densidad, tamaño de partícula y composición de calcio.

Actualmente el cascarón de huevo es desechado, por lo que al considerar la elevada producción de huevos enteros frescos en el país, se puede reducir el costo de recuperación.

La producción de huevo natural se encuentra principalmente distribuida en los siguientes estados de la República Mexicana: Sonora, Jalisco, Puebla, Nuevo León y Sinaloa. De los estados anteriores Sonora es el que tiene una mayor producción: 136, 607 toneladas / año, de 1981 a 1985 (Dirección General de Avicultura y Fuentes Menores S.A.R.H.).

En las tablas I.1 y I.2 se detallan producciones anuales de huevo fresco en los diferentes estados de la República.

En las tablas I.3 y I.4 se encuentran las exportaciones e importaciones de huevo fresco de 1976 a 1985.

La tabla I.5 denota la cantidad de huevo en polvo exportado en 1978 así como su valor en moneda nacional. El resto de los años no hubo exportaciones de este subproducto.

Puesto que el objetivo principal de este trabajo es el aprovechamiento del cascarón de huevo como fuente de calcio en alimentos balanceados para animales, la tabla I.6 muestra la producción de los mismos de 1970 a 1984.

Como evaluación final de un proyecto industrial basado en el área técnica y económica es frecuente encontrar que los resultados económicos están sujetos a los valores variables de materias primas y productos en el mercado, por lo tanto es necesario llevar a cabo un análisis de sensibilidad para determinar la flexibilidad existente. De dicho análisis las variables a considerar como parámetros críticos son el precio de venta -- del producto, los costos de producción y la inversión total.

**PRODUCCION DE HUEVO\* DE 1976 - 1985**

| ESTADOS            | 1976   | 1977   | 1978   | 1979   | 1980   | 1981   | 1982   | 1983   | 1984   | 1985   |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Aguascalientes     | 1359   | 1429   | 1493   | 1622   | 1739   | 1701   | 1812   | 1949   | 1986   | 2100   |
| Baja California N. | 12303  | 13655  | 14004  | 15218  | 16437  | 17042  | 18264  | 18862  | 19776  | 20625  |
| Baja California S. | 998    | 1112   | 1663   | 1769   | 1896   | 1951   | 1975   | 2092   | 2131   | 2193   |
| Campeche           | 1179   | 1308   | 1330   | 1431   | 1536   | 1583   | 1603   | 1721   | 1754   | 1812   |
| Coahuila           | 11618  | 12902  | 10979  | 15211  | 16305  | 16777  | 17992  | 17259  | 18102  | 18510  |
| Colima             | 1588   | 1811   | 2266   | 2446   | 2626   | 2706   | 3741   | 2829   | 3386   | 3550   |
| Chiapas            | 2121   | 2355   | 2567   | 2808   | 3011   | 3100   | 4138   | 3337   | 3405   | 3508   |
| Chihuahua          | 8905   | 9326   | 9705   | 10494  | 11352  | 11780  | 12939  | 12051  | 12844  | 13170  |
| Distrito Federal   | 995    | 1105   | 1200   | 1307   | 1410   | 1461   | 2072   | 1580   | 1911   | 2023   |
| Durango            | 16239  | 18033  | 19491  | 20963  | 22360  | 22894  | 23179  | 25116  | 25526  | 26381  |
| Guanaajuato        | 19024  | 21126  | 22837  | 24755  | 26623  | 27486  | 27830  | 25914  | 29123  | 29727  |
| Guerrero           | 9300   | 10341  | 12689  | 13672  | 14651  | 15071  | 16263  | 14065  | 17746  | 18552  |
| Hidalgo            | 6007   | 6669   | 6444   | 7463   | 8061   | 8250   | 9364   | 8854   | 10512  | 11164  |
| Jalisco            | 47670  | 52971  | 61217  | 68793  | 73789  | 75972  | 77907  | 84211  | 86270  | 89590  |
| México             | 23600  | 26193  | 28135  | 30424  | 32705  | 33750  | 35187  | 36419  | 37660  | 38918  |
| Michoacán          | 17218  | 19125  | 22518  | 24142  | 25886  | 26641  | 27988  | 27993  | 29044  | 29811  |
| Morelos            | 13738  | 15258  | 16691  | 18245  | 19559  | 24874  | 21386  | 21064  | 21977  | 22082  |
| Nayarit            | 5016   | 5293   | 5546   | 6004   | 6440   | 6631   | 7716   | 7037   | 7675   | 7963   |
| Nuevo León         | 48079  | 53358  | 54016  | 58094  | 62302  | 64136  | 65931  | 70513  | 69566  | 71381  |
| Oaxaca             | 2359   | 2842   | 3032   | 3263   | 3518   | 3641   | 4686   | 3822   | 4010   | 4133   |
| Puebla             | 52'2   | 58602  | 63354  | 66732  | 71613  | 73769  | 75424  | 82434  | 79319  | 81224  |
| Querétaro          | 222    | 247    | 302    | 349    | 377    | 391    | 314    | 424    | 392    | 399    |
| Quintana Roo       | 662    | 735    | 805    | 859    | 925    | 956    | 969    | 1036   | 1058   | 1092   |
| San Luis Potosí    | 109    | 121    | 144    | 164    | 176    | 182    | 184    | 196    | 200    | 206    |
| Sinaloa            | 28760  | 31926  | 33273  | 36286  | 38889  | 40007  | 41502  | 43591  | 44898  | 46458  |
| Sonora             | 88168  | 97908  | 105992 | 115271 | 123574 | 127163 | 129630 | 138488 | 141516 | 146237 |
| Tabasco            | 2053   | 2281   | 2501   | 3218   | 3449   | 3549   | 4594   | 3890   | 5582   | 6154   |
| Tamaulipas         | 6928   | 7694   | 8316   | 9028   | 9677   | 9957   | 10085  | 10619  | 10823  | 11118  |
| Tlaxcala           | 58     | 64     | 67     | 70     | 75     | 79     | 80     | 85     | 86     | 88     |
| Veracruz           | 18446  | 20489  | 22329  | 23909  | 25632  | 26379  | 26804  | 28046  | 28632  | 29399  |
| Yucatán            | 7498   | 8343   | 10981  | 11867  | 12793  | 13239  | 13401  | 14112  | 14416  | 14828  |
| Zacatecas          | 7979   | 4138   | 4318   | 4701   | 5086   | 5282   | 5150   | 5648   | 5780   | 5755   |
| TOTAL NACIONAL     | 459151 | 508760 | 553707 | 600583 | 644427 | 663759 | 690310 | 715254 | 737106 | 779891 |

\* TONELADAS

FUENTE: INFORMACION AGROPECUARIA SARIH/OCEA

TABLA 1.1

## EVOLUCION DE LA PRODUCCION DE HUEVO FRESCO NATURAL EN EL EDO. DE SONORA 1976-1985

| AÑO  | PRODUCCION (TON.) |
|------|-------------------|
| 1976 | 88168             |
| 1977 | 97908             |
| 1978 | 105992            |
| 1979 | 115271            |
| 1980 | 123574            |
| 1981 | 127163            |
| 1982 | 129630            |
| 1983 | 138488            |
| 1984 | 141516            |
| 1985 | 146237            |

FUENTE: DIRECCION GENERAL DE AVICULTURA Y FUENTES MENORES  
S.A.R.H.

TABLA 1.2

## EXPORTACION DEL HUEVO

SERIE HISTORICA (1976 - 1985)

## VOLUMEN ANUAL (kg.)

|       |           |
|-------|-----------|
| 1976  | 844,006   |
| 1977  | 1,689,784 |
| 1978  | 112,425   |
| 1979  | 14,732    |
| 1980  | 45        |
| 1981  | 136       |
| 1982  | 20,540    |
| 1983  | 41,600    |
| 1984* |           |
| 1985* |           |

FUENTE: ANUARIO ESTADISTICO DE COMERCIO EXTERIOR  
FRACCION ARANCELARIA 04.05.A01.

\* AUN NO SE INFORMAN LAS CIFRAS EN ESTOS AÑOS.

TABLA 1.3

**EVOLUCION DE LAS IMPORTACIONES NACIONALES DEL HUEVO FRESCO**

**SERIE HISTORICA (1976 - 1985)**

**VOLUMEN ANUAL (kg.)**

|       |            |
|-------|------------|
| 1976  | 110,201    |
| 1977  | 32,534     |
| 1978  | 22,313     |
| 1979  | 3,120,433  |
| 1980  | 1,240,024  |
| 1981  | 15,507,949 |
| 1982  | 10,923,622 |
| 1983  | 1,200,983  |
| 1984  | 98,057     |
| 1985* |            |

**FUENTE: ANUARIO ESTADISTICO DE COMERCIO EXTERIOR  
FRACCION ARANCELARIA 04.05.A001.**

**\* AUN NO SE INFORMA LA CIFRA.**

**TABLA I.4**



## EXPORTACION DE HUEVO EN POLVO (1978)

|      | VOLUMEN ANUAL (kg.) | VALOR (M.N.) |
|------|---------------------|--------------|
| 1978 | 2.667               | \$ 91.440.00 |

FUENTE: ANUARIO ESTADISTICO DE COMERCIO EXTERIOR  
FRACCION ARANCELARIA 04.05.A99.

NOTA: EN 1976, 1977, DE 1979 A 1985 NO HUBO EXPORTACION DE HUEVO EN-  
POLVO.

TABLA I.5

## PRODUCCION NACIONAL DE ALIMENTOS BALANCEADOS

| AÑO  | POBLACION<br>(Millones de<br>cabezas) |       | PRODUCCION DE<br>ALIMENTOS BALANCEA<br>DOS. |        |       | PRODUCCION<br>TOTAL<br>(Miles de-<br>Tons.) |
|------|---------------------------------------|-------|---|--------|-------|---|
|      | CERDOS                                | AVES  | AVES  | CERDOS | OTROS |   |
| 1970 | 8.9                                   | 104.0 | 1,600.0                                     | 350.0  | 185.0 | 2,135.0                                     |
| 1975 | 11.7                                  | 134.8 | 2,114.0                                     | 489.0  | 305.0 | 2,908.0                                     |
| 1976 | 12.0                                  | 140.0 | 2,167.0                                     | 621.0  | 335.0 | 3,123.0                                     |
| 1977 | 14.4                                  | 145.6 | 2,598.0                                     | 620.0  | 347.0 | 3,565.0                                     |
| 1978 | 15.8                                  | 157.6 | 2,850.0                                     | 670.0  | 391.0 | 3,911.0                                     |
| 1979 | 17.3                                  | 160.0 | 3,135.0                                     | 680.0  | 400.0 | 4,215.0                                     |
| 1980 | 19.0                                  | 164.7 | 3,450.0                                     | 700.0  | 410.0 | 4,860.0                                     |
| 1981 | 19.8                                  | 168.4 | 3,600.0                                     | 768.1  | 445.0 | 4,813.1                                     |
| 1982 | 20.3                                  | 170.0 | 3,710.0                                     | 794.0  | 405.0 | 4,909.0                                     |
| 1983 | 21.0                                  | 174.0 | 3,790.0                                     | 805.7  | 360.3 | 4,956.0                                     |
| 1984 | 19.5                                  | 176.5 | 3,600.0                                     | 691.2  | 315.2 | 4,607.0                                     |

F U E N T E: Guía de los Mercados de México. Marinka Olizar. Fuente Direc-  
ta. Estadística Industrial Anual de SPP 1976 - 1984.  
Clase de Actividad 2098.

TABLA I.6

GENERALIDADES

## II. GENERALIDADES.

La materia prima de la cual se obtiene el cascarón es a partir de huevo fresco natural de gallina (Gallus domesticus), que es un cuerpo de figura esferoide producido por estas aves domésticas.

Los pasos a seguir en una granja para la obtención y distribución del huevo son principalmente: recolección, preselección, enfriamiento, observación por el ovoscopio, selección por tamaños, sellado o recubrimiento, empaque y distribución.

Para fines prácticos se considera como huevo fresco natural, aquel cuyas características sensoriales, así como sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas se mantengan en un nivel óptimo de calidad comestible y cuya edad desde el momento de la postura no exceda de 14 días. La refrigeración ayuda a conservar la frescura del huevo, de 1 a 2 semanas, pero fuera de él su duración es de 1 semana máximo. El huevo que no ha sido refrigerado no debe consumirse por la posibilidad de que pueda estar contaminado con Salmonella, y causar diversas enfermedades infecciosas (21).

El huevo de la gallina forma una parte muy importante dentro de la alimentación humana, pues tiene un alto valor nutricional, ya que contribuye con proteínas, grasas, vitaminas y minerales. Por ende, se puede usar solo o como un ingrediente en otro alimento. Las cantidades permitidas para su consumo en general, son: en niños y adolescentes un huevo diario, y en adultos un máximo de 3 huevos por semana, pues como este alimento tiene gran contenido de colesterol, cantidades mayores pueden perjudicar su salud (29). El huevo de preferencia se debe consumir cocinado, ya que el calor transforma sus propiedades nutritivas en elementos fácilmente aprovechables por el organismo. También el huevo o alguno de sus componentes pueden tener usos alternos que no sean dentro de la industria alimentaria.

Los huevos se pueden encontrar en el mercado, enteros (con cascarón) y como subproductos de ellos en tres formas principalmente: líquidos (aprox. 80%), congelados y desecados (10%), para las industrias comestibles. De años recientes a la fecha, tanto en México como en otros países el consumo de huevos procesados ha aumentado considerablemente en relación al huevo con cáscara. Una proporción pequeña es utilizada en laboratorios farmacéuticos y de investigación, aprox. 5% se guarda para incubación. Otro 5% se pierde por razón de la descomposición o por resultar huevos estériles y ser desechados, éstos tienen valor potencial para la industria de curtiduría de pieles, fabricación de abonos y de fibras artificiales (32).

#### A.- Formación del huevo de la gallina.

La formación del huevo comienza cuando sobre el ojo de la gallina inciden los rayos visibles del sol o de la luz eléctrica. Estos rayos--originan que la glándula pituitaria secrete una hormona folículo estimulante (FSH), la cual es transportada a través de la corriente sanguínea al ovario (localizado debajo de la columna). Cuando se selecciona un --huevo (tan pequeño como la punta de un alfiler), de entre mil o más presentes en el ovario (Fig. 1), es estimulado por la FSH, para que comience un rápido crecimiento y se forme un saco delgado y transparente que encierra a la yema en desarrollo, en ese momento, el saco se rompe a lo largo de la línea de sutura (arruga blanquecina alrededor del saco). Este saco contiene una gran cantidad de vasos sanguíneos, los cuales se encargan de llevar el material nutritivo a la yema que se está desarrollando.

Una gallina normal tiene de 3,600 a 4,000 huevecillos, pero en realidad no hay relación entre el número de huevecillos que tiene y el número de huevos que produzca (postura). El promedio, una buena gallina pone 200 huevos por año.

Cuando se ha completado la formación de la yema (contiene la célula germinativa de la hembra) se desprende del saco y cae en el infundíbulo (Fig. 2), permaneciendo ahí alrededor de 15 min., en caso de haber fertilización, ocurriría en esta área. Después por acción peristáltica (expansiones y contracciones coordinadas y sincronizadas del músculo involuntario), la yema es transportada hacia la región secretora de la albúmina, donde se cubre de capas de clara.

El oviducto (Fig. 2) está integrado por: el infundíbulo, la región secretora de albúmina, el istmo, el útero y la vagina.

En la región secretora de albúmina la yema se rodea de clara espesa (aproximadamente la mitad del volumen de clara se secreta en ese lugar). La calidad de la albúmina se determina por la cantidad de ovomucina secretada en esta área. Después de permanecer en la región descrita durante tres horas, el huevo pasa al istmo.

En el istmo (área angosta del oviducto), se adiciona el agua, algunas sales y las membranas del cascarón. El huevo permanece aquí cerca de 75 minutos. Después cae al oviducto con movimientos espirales, esto hace que la clara se tuerza en los extremos de la yema y forme los cordones de la queratina contribuyendo a la formación de ésta, habiendo un cambio en la estructura coloidal de la clara.

Las selecciones del oviducto que intervienen en la formación del cascarón son: el istmo, la glándula del cascarón, una sección entre ambas llamada istmo rojo y la glándula tubular del cascarón (algunos investigadores no reconocen que haya una región distinta entre el istmo y

la glándula del cascarón). La formación de la membrana es en el istmo y el desarrollo de los cristales de calcita ocurre en la glándula del cascarón. No obstante, las mamilas se producen en la glándula tubular del cascarón. Por consiguiente el inicio de la formación del cascarón es en el istmo: se informa que huevos extraídos de este lugar, presentan pequeños cristales en la superficie de sus membranas, además de alto contenido de calcio en el istmo (33).

El Gterro secreta la clara delgada y las sales que pasan a través de las membranas del cascarón por medio de ósmosis. El huevo se puede detectar en este estado sintiendo el abdomen de la gallina cuando se acerca la puesta, pues permanece en el área de 10 a 12 horas.

Posteriormente, el huevo entero, pasa a través de la vagina, cloaca y finalmente sale por la ventosa. El ciclo completo de la puesta va de 24 a 48 horas, pudiendo volver a comenzar 30 minutos después (32).

La formación del huevo sucede sin importar si la gallina está o no fertilizada. Como ya se hizo mención, en caso de que exista este hecho, el espermatozoide debe subir por el oviducto hasta la yema, con el fin de alcanzarla antes de que se depositen la albúmina y el cascarón.

#### B.- Estructura del huevo de la gallina.

La estructura del huevo (Fig.3), resulta de la secuencia de acontecimientos que ocurren en el oviducto. La yema central, formada por una cantidad considerable de lipoproteínas, está rodeada de una membrana llamada vitelina que a su vez está rodeada por mucosidades que forman una membrana conocida como capa quelaziferosa. Proyectándose a cada lado de ella, se encuentran estructuras semejantes a cuerdas, llamadas quelazas (chalaza); éstas sirven para sujetar la yema en la clara (albúmina densa), y mantenerla centrada en el huevo, permitiendo también que rote.

La yema de huevo está constituida por una pequeña esfera de yema blanca rodeada por otra amarilla. En algunos huevos las bandas delgadas de la yema blanca alternan con las bandas espesas de la amarilla, al rededor de un corazón central. El germen localizado sobre la superficie de la yema está atado a la yema blanca en el centro, por medio de un cordón o tubo llamado latebra (36).

El color de la yema está influenciado principalmente por el contenido de xantófilas que exista en la ración del alimento de la gallina. Muchos pigmentos carotenoides depositados en la yema no tienen un gran valor en cuanto a vitamina A; por ello, yemas muy coloridas no necesariamente proporcionan mayor cantidad de esta vitamina (3).

Después de la yema, continúa la albúmina presente en tres capas: la exterior, clara delgada (albúmina fluida); la clara espesa (albúmina

densa) y la interior, la clara delgada, que colinda con la yema. Algunas gallinas secretan un radio más grande de clara espesa que de delgada. En el almacenamiento también se afecta el espesor de la albúmina y los radios de las claras (33).

El cascarón está formado principalmente por cristales de carbonato de calcio depositados en una matriz orgánica, rodeando y soportando a la yema y a la albúmina (Fig. 4). En su exterior tiene un revestimiento protector conocido como cutícula. El cascarón de huevo es quebradizo y rígido pero no es impermeable, pues contiene miles de poros invisibles (algunos pocos pueden verse sin necesidad de aumento). Su porosidad permite que entren y salgan gases para el embrión que se estuviera desarrollando, si se tratase de un huevo fertilizado. Dentro del cascarón de un huevo existen dos membranas; una de las cuales está fuertemente adherida al mismo. Estas membranas están formadas principalmente de queratina -- (proteína insoluble en agua) y de mucina. Después que un huevo es puesto, el contenido se contrae y las dos membranas se separan por una pequeña cámara de aire, que generalmente aparece en el extremo romo (obtusado) del huevo. Cuando esta celda es grande puede ser un indicio de que el huevo ha sido almacenado y es menos fresco, ya que hubo liberación de agua y de dióxido de carbono principalmente. Una cámara de aire de 2 cm indica que el huevo no es fresco (32).

Cuando se lavan los huevos pierden el revestimiento exterior o cutícula, quedando expuestos los poros de la cáscara. Bajo estas condiciones es más fácil que entren bacterias y deterioren el contenido de los mismos (30).

Los cascarones de algunos huevos son blancos y otros de color café. No obstante, la pigmentación depende de la raza de la gallina, más no de la calidad del huevo (3).

#### C.- Composición del huevo.

El huevo se compone poco más o menos de las siguientes proporciones: una parte de cáscara, tres partes de yema; y seis partes de clara. El principal ingrediente de las porciones interiores es el agua, pues -- abarca casi las tres cuartas partes del peso total; la otra cuarta parte se compone de sustancias orgánicas (principalmente proteínas y lípidos, con pequeña cantidad de carbohidratos) e inorgánicas (minerales). Pero las composiciones de la clara y yema difieren considerablemente. Prácticamente toda la grasa está en la yema, y cuando los huevos se separan en clara y yema para fines y determinados, es importante no mezclarlas, ya que una cantidad pequeña de grasa afectaría en forma adversa a la clara en la capacidad de batirse. El 12% de sólidos de clara de huevo está -- compuesto casi exclusivamente por proteínas. La yema es rica en vitaminas A, D, E, K, liposolubles; y en fosfolípidos, entre ellos un emulsionante, la lecitina. Desde el punto de vista nutritivo, los huevos constituyen una buena fuente de grasa, proteínas, vitaminas y minerales.

Los componentes principales del huevo se pueden encontrar en las siguientes relaciones:

|          | Entero<br>(g) | Cascarón<br>(g)-(%) | Clara<br>(g)-(%) | Yema<br>(g)-(%) |
|----------|---------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Mínimo   | 31.0          | 3.7- 9.6            | 15.6-50.2        | 10.4-23.7       |
| Máximo   | 118.3         | 16.4-14.6           | 69.5-62.9        | 32.4-37.3       |
| Promedio | 57.1          | 6.9-12.1            | 32.1-56.2        | 18.1-31.7       |

Durante el quebrado de huevo se determinó tanto en forma mecánica (con el uso de la quebradora de huevo) como manual, la relación que existe entre las tres porciones principales, comparandose a su vez, con datos bibliográficos:

|                         |  | Mecánico <sup>1</sup> | Manual <sup>1</sup> | Teórico(36) |
|-------------------------|--|-----------------------|---------------------|-------------|
| Peso promedio/huevo (g) |  | 54.583                | 57.987              | 57          |
| Clara (%)               |  | 50.069                | 57.896              | 56-61.0     |
| Yema (%)                |  | 31.348                | 29.368              | 27-32.0     |
| Cascarón (%)            |  | 12.609                | 11.651              | 8-12.1      |
| Yema-Clara (%)          |  | 5.985                 | ---                 | ---         |
| Pérdida (%)             |  | ---                   | 1.085               | ---         |

La composición química del huevo es la siguiente:

Huevo con cáscara (57g.):  
 Huevo líquido entero (50g.) compuesto por:

|                 |                |
|-----------------|----------------|
| Proteína        | 11.3 - 12.9 %  |
| Grasas          | 9.8 - 11.8 %   |
| Carbohidratos   | 0.7 - 2.7 %    |
| Agua            | 74.0 - 77.0 %  |
| Sólidos totales | 24.0 - 42.0 %  |
| Colesterol      | 0.47%          |
| Acidez          | 0.0025-0.0035% |
| Minerales       | 0.9 - 1.1 %    |

Clara (32 g.): pH (7.6 - 9.0)

|               |        |
|---------------|--------|
| Proteínas     | 10.6 % |
| Grasas        | Trazas |
| Carbohidratos | 0.9 %  |
| Minerales     | 0.6 %  |
| Agua          | 87.8 % |
|               | 99.9 % |

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| Sólidos               | 11.9 % |
| Glucosa libre         | 0.4 %  |
| Vitaminas del grupo B |        |

Yema (18 g.): pH (6.0 - 6.8)

|               |        |
|---------------|--------|
| Proteínas     | 16.6 % |
| Grasa         | 32.6 % |
| Carbohidratos | 1.0 %  |
| Minerales     | 1.1 %  |
| Agua          | 48.6 % |
|               | 99.9 % |

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| Sólidos                          | 51.2 % |
| Glucosa libre                    | 0.2 %  |
| Vitaminas A, D, E y del grupo B. |        |

<sup>1</sup>El tamaño muestral se eligió para obtener un  $\pm$  3% de error (35).



|  |                |
|--|----------------|
| Cascarón (7 g.) :                          |                |
| Carbonato de calcio                        | 93.5 %         |
| Fosfato de calcio                          | 0.7 %          |
| Carbonato de Magnesio                      | 0.8 %          |
| Proteínas de la membrana<br>de la cáscara. | 3.4 %          |
| Agua                                       | 1.6 %          |
|  | <u>100.0 %</u> |

### 1.- Yema.

Se considera que está compuesta aproximadamente por la mitad de agua y la mitad de sólidos; de éstos una tercera parte es proteína y -- dos terceras partes grasa. La proteína principal es la vitelina; tam-- bién contiene fosfovítina, rica en fósforo y liverina rica en azufre. Los compuestos grasos son triglicéridos, fosfolípidos y colesterol. La vitelina se encuentra en la yema como una lipoproteína, por lo cual se le conoce como lipovitelina. El principal fosfolípido es la lecitina (fosfatidil colina), con algo de fosfatidiletanolamina y pequeñas canti-- dades de fosfatidil serina. Los ácidos grasos de los triglicéridos de la yema son el oléico, palmítico, esteárico y linoléico, entre otros. También se encuentran reservas de vitaminas A, D, E, K y algunas del -- complejo B, el mineral más importante que contiene es el hierro (23).

### 2.- Clara.

Además del agua, en la que están disueltas las proteínas y sólamente algunas partículas de grasa, su principal componente es la albúmi na misma que contiene una aglomeración de 9 proteínas. Estas son secre tadas por el oviducto. La proteína más importante y que abarca más de la mitad del total de ellas, es la ovoalbúmina, la cual se desnaturaliza fácilmente por el calor. La conalbúmina (se coagula también por el calor) está en un 14% del total. Una 3a. proteína es la ovomucoide la cual representa un 12% y no se coagula por el calor. Estas tres glico-- proteínas (o fracciones de proteínas), representan más del 80% de las proteínas de la clara. También contiene 7% de globulinas, incluyendo a la lisozima, que tiene la propiedad de disolver las paredes celulares de algunas bacterias. La ovomucina, que abarca menos del 2%, contribu ye al espesor de la clara, y en menor cantidad se encuentra la avidina. Existe la biotina pero se considera de poco interés ya que tiene la pro piedad de formar enlaces. Por consiguiente es en la clara donde se en cuentra concentrado el alimento más importante del huevo (3).

### 3.- Cascarón.

Su composición en base seca es la siguiente: 93.7% de carbonato de calcio, 1.3% de carbonato de magnesio, 0.8% de fosfato de calcio y 4.2% de materia orgánica. Estas especies químicas  $Ca^{+2}$  y  $CO_3^-$  dan fir meza y porosidad al cascarón permitiendo el intercambio gaseoso a tra-- vés de él.

Basándose en su estructura, las capas que constituyen el cascarón

son: La cutícula externa, formada de protefina; el centro (80% del espesor), formado por pequeños cristales de calcita intercalados con protefina y en menos cantidad por cristales de fosfato de calcio; la capa interna, mamilar, formada por calcita y pequeños cristales de fosfato de calcio. Se considera que la protefina de la matriz del cascarón es colágeno (18). Las membranas del cascarón están compuestas básicamente por queratina. En relación a los pigmentos del cascarón, la "oörodofina" le proporciona el color rojo-café, es una hematóporfirina que a su vez es un metil éster ( $C_{36}H_{42}O_4H_4$ ) y puede ser observado por los rayos UV (36).

#### D.- Microbiología del huevo.

El contenido del huevo con cáscara es virtualmente estéril, las excepciones se deben a infecciones ovaricas; en el momento de la puesta, se infecta por el suelo, vegetación, heces fecales, etc. Por lo mismo, no debe de ingerirse un huevo roto y que no ha sido refrigerado, ya que existe la posibilidad de que se haya infectado con la bacteria Salmonella causando enfermedades del tipo de la tifoidea y paratifoidea (30).

Un huevo limpio puede ser portador en la superficie de su cáscara de hasta 150,000 bacterias y 300 esporas de mohos, mientras que huevos sucios pueden portar millones de microorganismos, sean o no patógenos (16). La cutícula que cubre la cáscara y llena los orificios exteriores de los poros impide la entrada de bacterias mientras el huevo está intacto. Las membranas de la cáscara y la composición química de la albúmina (presenta una enzima bactericida llamada lisozima), sirven de barrera. En cambio la yema es un excelente medio de cultivo. Si se abren los poros de la cáscara por abrasión o mediante el lavado, o si se rompe la cáscara, la sobrecarga microbiana puede penetrar hasta la yema, donde se multiplican exuberantemente. Esto es particularmente para los huevos sucios y mojados, por ello se recomienda a los productores, lavarlos en seco o bien bañar los huevos destinados a almacenaje, con un aceite mineral ligero. También los hongos microscópicos pueden invadir el interior del huevo cuando es suficientemente alta la humedad o cuando padece daño la cutícula penetrando fácilmente en la yema y la clara.

Por lo anterior, se observa que la principal fuente de infección la constituyen las bacterias de la cáscara, luego esta fuente infecta la instalación y equipo. Del huevo líquido crudo se han aislado más de 50 especies de diferentes organismos, algunas como Salmonella, Shigella y otros patógenos. En la práctica comercial se considera ordinariamente que el contenido de 10,000 a 50,000 microorganismos viables/gramo comprobados en cultivos en agar a 20°C después de 5 días, indican un producto de alta calidad, siempre y cuando la cuenta de patógenos sea negativa. Cuando el contenido es de 1'000,000 o más, el producto es inaceptable, también se determina el contenido por medio de estudios microscópicos directos (10).

Los análisis microbiológicos de cáscaras de huevo durante el almacenamiento revelan la presencia de hongos (Penicillium, Aspergillus, Cla-

dosporium, Rhizopus y Mucor), levaduras (Rhodotorula) y bacterias (Pseudomonas, Micrococcus, Bacillus, Proteus, Alcaligenes, Flavobacterium, Citrobacter, Escherichia y Enterobacter). Las especies de Pseudomonas son los principales organismos deterioradores de los huevos en cáscara y -- sus derivados. Cuando las bacterias crecen en el huevo, descomponen su contenido y forman productos secundarios, dando lugar al olor, aspecto o color característicos de éste tipo de putrefacción (32).

Se considera un huevo de desecho aquél que es incomedible, que está roto o destrozado de modo que su contenido se desparrama, enfría, contamina, o que contiene una clara sanguinolenta, grandes manchas de sangre, núcleos de carne de aspecto desagradable u otros materiales extraños. Estos huevos no comestibles resultan tanto de daños no microbianos como de otros.

Los huevos no comestibles debido a la proliferación microbiana -- son clasificados como huevos dañados por pudrición negra (Proteus, Aeromonas) pudrición blanca-incolora- (Citrobacter, Alcaligenes), agrios -- (Pseudomonas), blanco-verdoso (P. fluorescens), marchitamiento (Pseudomonas), mohosos (diversos tipos de hongos), pudrición roja (Serratia marcescens), pudrición coagulosa (Citrobacter, Proteus, Enterobacter), pudrición amarilla y verde (Alcaligenes, Flavobacterium, Cytophaga) (32).

#### 1.- Pasteurización de los huevos.

Los huevos enteros, yema y clara, deshidratados, líquidos y congelados han de ser pasteurizados o tratados de cualquier otra forma capaz de destruir todas las Salmonellas viables.

#### CONDICIONES DE PASTEURIZACION DE LOS HUEVOS

| Producto   | Temperatura °C | Duración (min.) |
|--|----------------|-----------------|
| Huevo entero   | 60             | 3.5             |
| Yema   | 60-62.2        | 7.0-3.5         |
| Yema con azúcar o salada   | 62-64.4        | 7.0-3.5         |
| Clara pH = 9.0   | 56.7           | 3.5             |
| Clara pH = 9.0 tratada c/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>                             | 51.7           | 3.5             |
| Clara estabilizada c/Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub><br>a pH = 7.0 | 60.0           | 3.5             |

Estas condiciones de pasteurización reducirán el recuento estándar en un 99.9% y el número de Salmonellas prácticamente a cero. La sensibilidad al calor de las Salmonellas se ve afectada por el pH. De aquí que la pasteurización de clara de huevo a pH 9 requiera menos tratamien-

co calórico que a pH más bajo. Al añadir un 10% de sal o azúcar a la yema la estabilidad al calor de las Salmonellas se incrementa de 5 a 10 veces; pero también, la estabilidad de las proteínas del huevo al calor aumenta con el azúcar o la sal. (18).

Una pasteurización correcta se basa en una relación crítica tiempo-temperatura. Si la temperatura desciende 1°C, la eficiencia de la pasteurización disminuye; si aquellas aumenta hay peligro de coagulación del huevo, formándose una película de coagulación sobre las superficies del intercambiador de calor y pudiendo resultar dañadas las propiedades funcionales del huevo tratado.

La adición de peróxido de hidrógeno a la clara reduce la resistencia al calor de las Salmonellas, pudiéndose utilizar una temperatura de pasteurización más baja. Con la excepción de la conalbúmina, las proteínas de la clara son suficientemente estables al calor a pH = 7.0; añadiendo una sal de aluminio se estabiliza la conalbúmina y se puede calentar la clara a 60°C sin que se produzca la coagulación.

Como ya se sabe, el calor húmedo es más efectivo que el seco en destrucción de microorganismos; se cree que el segundo mata las células por oxidación destructiva de sus componentes. Las Salmonellas pueden eliminarse cuando la clara de huevo deshidratada se almacena a temperaturas comprendidas entre 50°C y 70°C. La albúmina deshidratada destinada al comercio se almacena a 51.6-54.5°C durante 5 ó 7 días, lo cual además de eliminar las Salmonellas mejora el comportamiento funcional del producto. (23).

a) Termorresistencia de los microorganismos.- La resistencia al calor de los microorganismos se expresa como "tiempo de destrucción térmica", que se define como el tiempo necesario para destruir, a una temperatura dada, un número determinado de organismos (o esporas) en condiciones específicas. (10).

En general, la termorresistencia de distintas clases de levaduras, mohos y bacterias y sus esporas, varía dependiendo del medio y las condiciones en las que se encuentran:

a.1) Las formas vegetativas de las levaduras se destruyen a 50-58°C/10 a 15 minutos; y las esporas con 5 ó 6 10°C más que esa temperatura (10).

a.2) La mayor parte de los mohos y sus esporas se destruyen por el calor húmedo a 60°C/5-10 minutos. Las esporas asexuales son más resistentes que el micelio y para su destrucción en un tiempo dado requieren una temperatura de 5 a 10°C superior a la de éste (10).

a.3) La termorresistencia bacteriana varía mucho, desde algunos patógenos fácilmente destructibles, hasta los termófilos que necesitan un -

calentamiento de varios minutos a 80-90°C. Acerca de la termorresistencia de las células vegetativas pueden hacerse algunas afirmaciones; los cocos son en general, más resistentes que los bacilos; a mayor temperatura óptima y máxima de crecimiento mayor es la termorresistencia; las bacterias que forman grupos o poseen cápsula son más difíciles de destruir que las que no lo hacen; las bacterias con un contenido lipídico grande, son más difíciles de destruir que las demás. Como ejemplo del tiempo de destrucción térmica para algunas bacterias en forma vegetativa de interés son:

| Bacteria                     | Tiempo <sup>1</sup> (min.) | T <sup>1</sup> (°C) |
|------------------------------|----------------------------|---------------------|
| <u>Salmonella typhosa</u>    | 4.3                        | 60.0                |
| <u>Staphylococcus aureus</u> | 18.8                       | 60.0                |
| <u>Escherichia coli</u>      | 20-30                      | 57.3                |

La termorresistencia de las esporas varía ampliamente con las distintas especies de bacterias y con las condiciones de esporulación. La resistencia a los 100°C oscila entre menos de 1 minuto o más de 20 horas (10).

## 2.- Factores de crecimiento de la Salmonella.

La mayoría de las cepas de Salmonella, pueden crecer en medios sencillos como el que consiste en nitrógeno amónico, sales minerales y glucosa(29). Espesas cepas necesitan factores de crecimiento esenciales sobre todo vitaminas. La actividad mínima para el crecimiento se sitúa entre 0.93 - 0.96. La concentración de sal necesaria para inhibir su crecimiento depende de la temperatura y otros factores.

El pH mínimo para el crecimiento se cifra entre 4.0 y 5.5. El pH máximo para el crecimiento se estima entre 9.0 y 11.0 con intervalo óptimo de 6.5-7.5. El pH de la clara oscila entre 7.6 y 9.5; y el de la yema entre 6-6.3 (36).

Por ser patógenos potenciales, las Salmonellas son consideradas mesofílicas. El recorrido de la temperatura para el crecimiento es de 5°C a 45-47°C. Los serotipos que crecen a 5°C son psicrotípos. La temperatura óptima es de 35-37°C, mientras que la mínima varía en función de las relaciones con otros factores de crecimiento. La interacción de otros microorganismos puede producir la inhibición de Salmonellas (33).

<sup>1</sup>Estos valores pueden variar para diferentes concentraciones de bacterias (o esporas), calentadas en distintos sustratos.

En la actualidad, se considera una fuente importante de las Salmonellas la cáscara de los huevos líquidos, congelados o en polvo. Por ejemplo las Salmonellas aisladas de estos productos constituyen aproximadamente el 10% con respecto a las fuentes no humanas.

a) Control de la Salmonella.- Las precauciones necesarias para el control de la Salmonella son:

a.1) Evitar la contaminación.- Por medio de limpieza e higiene durante la manipulación del producto.

a.2) Evitar el crecimiento.- Control de temperatura, intervalos entre 10°C y 50°C deben ser rápidos durante el calentamiento o enfriado del producto. En pH menores a 4.0 no crecen pero en ocasiones pueden sobrevivir.

a.3) Destruir los organismos.- Es la mejor forma de asegurarse de que no hay peligro para la salud.

El uso del óxido de propileno en carne y harina de hueso es muy eficaz para la destrucción de Salmonellas y la concentración dependería de la humedad relativa, del nivel de contaminación y del tiempo de exposición (18).

La fumigación de los piensos (harina de pescado, de carne o de hueso) con gas formaldehído alcanza una penetración de 1.91 cm. (18).

La cloración del agua destruye S. typhi y contribuye al control de organismos cuando se aplica para limpiar las instalaciones y como medio de enfriamiento (10).

La cepa S. seftenberg 775w es la más termorresistente y ha sido aislada, sus valores D son los siguientes:

| Temperatura (°C) | D (seg.) |
|------------------|----------|
| 65.5             | 34.00    |
| 68.3             | 10.00    |
| 71.7             | 1.20     |
| 73.9             | 0.55     |

Estos valores son mucho más elevados que los demás serotipos. Si se considera un 12D para serotipos distintos de S. seftenberg 775w - - - 62.8°C/68.4 segundos, deberán ser suficientes para destruir las Salmonellas (10).

A medida que va disminuyendo la humedad contenida debe elevarse - la temperatura para que los microorganismos sean destruidos, por lo mismo las bacterias resisten mejor en los productos deshidratados y es más difícil eliminarlas de los piensos por medio de procesos térmicos; pero se observó que 10 minutos de tratamiento a 87.8°C reduce el contenido de Salmonellas a niveles inapreciables en la harina de pescado (5).

Las Salmonellas son moderadamente resistentes al tratamiento por radiación. La dosis por radiación varía con el tipo de producto, las condiciones de radiación y el nivel de contaminación: 0.5 Mrad reduce el número de Salmonellas en un factor  $10^7$ . La dosis de radiación necesaria para la eliminación de las Salmonellas no surte efectos sobre el sabor y la calidad nutritiva de los alimentos y piensos. Este tratamiento presenta gran interés en el proceso de los piensos animales que la irradiación gamma puede realizarse una vez embalado en sacos herméticamente cerrados (3).

### 3.- Conservación de la calidad de huevo.-

La calidad del huevo empieza a disminuir a partir del mismo momento de la puesta. Los métodos empleados para conservación de la calidad incluyen las bajas temperaturas, el tratamiento de la cáscara, la termoestabilización, el embalaje, la humedad, el control, etc.

Los huevos tienen que almacenarse porque se producen en abundancia durante la primavera. Los huevos frescos destinados a congelar o a deshidratarse también pueden almacenarse antes del procesamiento. Se conservan mejor a una temperatura muy poco superior a su punto de congelación (-2.2 a 2.8°C). Una temperatura de -1°C en la bodega es ideal; a fin de reducir a mínimo la pérdida de humedad de la yema y la clara que es de 0.12%/semana, la humedad relativa suele mantenerse hasta 90%.

#### Condiciones de almacenamiento:

| Producto             | T almacenamiento<br>°C | Humedad<br>% | Longevidad<br>meses |
|----------------------|------------------------|--------------|---------------------|
| Huevos enteros       | - 1.7 a 0.6            | 85-90        | 8-9                 |
| Huevos deshidratados | 1.67                   | baja         | 6-12                |

Al extraer los huevos de la refrigeración debe hacerse de manera que el deshielo sea lento, para evitar que no se condense la humedad sobre la cáscara y que se fomente la multiplicación de organismos. Es conveniente un deshielo de 8 a 24 horas. El método de refrigeración no es el más ideal para conservar los huevos. Aunque a una temperatura inferior a 4.4°C menos en 1/2 hora que sigue a la extracción se debe enfriar el huevo líquido para evitar que se agrie (15).

Inmediatamente después de que se les pone y durante el almacenamiento, los huevos pierden dióxido de carbono a través del cascarón poroso, volviéndose así más alcalinos, el pH de la clara sube de 7.6 hasta 9.7 y de la yema es más lento el incremento yendo de 6.0 hasta 6.8. La pérdida de dióxido de carbono se asocia con la pérdida de frescura, y la estabilidad en el almacenamiento. Se prolonga si se les conserva en una atmósfera de este gas. A 20°C se necesita lo menos 10% de dióxido de carbono, en cambio a 0°C se requiere 3%. Este gas conserva las características del huevo, además inhibe (pero no destruye) la flora microbiana (18).

Otro método de almacenamiento es la adición de ozono a la atmósfera del refrigerador para retardar la multiplicación de hongos sobre la superficie. Se necesita una concentración de por lo menos 0.6 ppm.

Es más usual, bañar los huevos destinados a almacenarse con un aceite mineral ligero, debiendo aplicarse en el lugar de producción y en el mismo día de la puesta. Este aceite cierra los poros de la cáscara, retardando así la pérdida, tanto de dióxido de carbono como de humedad; pero este tratamiento no sustituye a la refrigeración (18).

Otro método de prolongar la vida de almacenamiento es la termoestabilización donde los huevos se sumergen en agua o aceite calientes por un período breve a fin de que se coagule una capa delgada de albúmina por todo el interior de la cáscara para sellarla. Puede añadirse al aceite un agente germicida como pentaclorofenol. También el calor empleado puede destruir algunas bacterias de la superficie (30).

Por otro lado, se pueden obtener productos derivados del huevo líquido como son los huevos enteros y/o una de sus partes congeladas o deshidratadas.

4.- Especificaciones generales para el aseguramiento de la calidad de los huevos enteros.

a) Sensoriales: el huevo fresco se rompe fácilmente. La clara debe estar adherida a la yema. La yema debe ser abultada, firme, no fertilizada, de color amarillo intenso; libre de sangre, partículas y aromas extraños.

|    |                                |                 |
|----|--------------------------------|-----------------|
| b) | Microbiológicas (36)           | col/g máximo    |
|    | Cuenta de mesofílicos aerobios | $5 \times 10^6$ |
|    | Organismos coliformes          | 50,000          |
|    | Hongos y levaduras             | 50              |
|    | <u>Escherichia coli</u>        | negativo        |
|    | <u>Salmonella</u>              | negativo        |
|    | <u>Staphylococcus aureus</u>   | negativo        |



c) **Fisicoquímicos.**- Mencionadas anteriormente dentro de la composición del huevo.

#### 5.- Lavado de los huevos.

Existen diversos métodos para eliminar la suciedad de los huevos. La limpieza en seco elimina la suciedad así como la cutícula. El lavado con agua caliente elimina la suciedad, la cutícula (mucina) y parte de los microorganismos, pero favorece la penetración de bacterias en el huevo a través de los poros de la cáscara. Salvo que se tomen precauciones, el agua de lavado aumentará el número de bacterias causantes de alteración, por lo que, al lavar la contaminación se hará mayor. Se ha comprobado experimentalmente que los huevos lavados a mano sufren más a menudo putrefacción que los no lavados y más los lavados mecánicamente que a máquina. El grado de alteración resultante varía con el tipo de máquina lavadora y clase de solución del lavado. Se ha intentado reducir la contaminación bacteriana lavando las máquinas y desinfectándolas con una solución de hipoclorito al 1% aunque el éxito no ha sido completo, el empleo de este desinfectante como agua de lavado reduce el porcentaje de alteración. Como soluciones de lavado se han empleado: lejía, ácidos, formalina, hipocloritos compuestos de amonio cuaternario, varios detergentes y combinaciones de detergentes y desinfectantes, el más recomendado ha sido el hipoclorito en solución concentrada y en solución de 0.15% de cloro, el alcohol etílico de 70% y la solución de 0.35% de hidróxido de sodio; el poder germicida aporta una protección al huevo del 50% superior a la del agua sola, o una mezcla de detergente-desinfectante. Estas soluciones se emplean calientes a temperaturas que varían de 32 a 60°C dependiendo de la sustancia utilizada. Es esencial el empleo de una solución caliente en el lavado de los huevos para evitar que sea absorbida a través de la cáscara por succión al enfriarse aquéllos. Todas estas soluciones no sólo eliminan los microorganismos, sino que destruyen muchos de ellos (32).

Por otro lado se ha encontrado que la vibración ultrasónica de un objeto sumergido en un líquido actúa como frocamiento sobre la superficie debido a la formación de burbujas lo cual limpia en realidad el huevo, pero la solución de limpieza puede penetrar al interior dependiendo del tiempo e intensidad de la exposición (1). En un estudio realizado en el estado de Maryland USA se llegó a la conclusión de que el ácido acético al 3% (a 22°C), en combinación con la vibración ultrasónica, sirven como método en la limpieza del huevo sin alterar las propiedades del interior del mismo; el tiempo de exposición recomendado es de 30 segundos, para lograr también una vida de anaquel efectiva de cuatro semanas a 23°C (1).

#### E.- Características específicas del cascarón del huevo.

El cascarón es la capa exterior del huevo, el cual tiene en su interior una membrana coriónica o corion constituida principalmente por queratina, la cual carece de valor nutritivo; generalmente esta membrana se encuentra levantada en la parte menos aguda del huevo formando una cámara de aire (en el almacenamiento se busca comprimir esta cámara). Los huevos jóvenes tienen menor cámara de aire que los viejos, esto es porque el cascarón está formado por sales, carbonatos, fosfatos, que están unidos entre sí, formando porosidades que permiten el intercambio entre el exterior e interior.

El corion está formado por capas superpuestas de diferentes tejidos con titu idos por sustancias protéicas del tipo de las esclero proteínas no di geribles; é stas están unidas entre sí por poliacáridos. El casca rón es tá recubierto por una película llamada cutícula cuya función es dis mi nuír el intercambio de aire. Esta membrana puede perderse cuando el hug vo se lava.

La estructura del cascarón se sintetiza en lo siguiente: la cutí cula exterior y delgada, probablemente formada por materia proteí nica al centro (80% de espesor), pequeños cristales de calcita con proteína con siderable en forma de fibras intercaladas y con pequeños cristales de fosf ato; el interior "mamilar" es una prominencia formada de calcita y cristales de fosf ato de calcio.

El factor principal en la transmisión de luz a través del casca rón es el contenido de humedad, después el de proteína y al final el es pesor del casca rón. (j).

#### 1.- Composición del cascarón proveniente de las plantas quebradoras.

Las muestras de cascarón que se obtienen de las plantas quebrado ras incluyen: la cáscara, las membranas y la clara adherida. Este mate rial contiene de un 29% a 35% de humedad. Cuando se centrifuga se re mueve la albúmina libre y contiene un 16.22% de humedad (v).

La composición total del cascarón proveniente de las plantas que bradoras (base seca) es (w):

|   | Con albúmina<br>adherida<br>% | Centrifugado<br>% | Lavado<br>% |
|---|-------------------------------|-------------------|-------------|
| Nivel original de hu<br>medad (base húmeda) | 29.10± 1.1                    | 16.20± 0.40       |             |
| Proteína                                    | 7.56± 0.26                    | 5.31± 0.16        | 5.15± 0.48  |
| Lípidos                                     | 0.24± 0.14                    | 0.30± 0.20        | 0.05± 0.00  |
| Cenizas                                     | 91.10± 0.50                   | 94.20± 0.40       | 95.40± 0.10 |
| CaCO <sub>3</sub>                           | 90.90± 1.00                   | 91.80± 0.50       | 93.10± 0.20 |

La composición elemental del cascarrón proveniente de las plantas quebradoras (base seca) es:

|          | Con albúmina<br>adherida | Centrifugado    | Lavado           |
|----------|--------------------------|-----------------|------------------|
|          | %                        | %               | %                |
| Calcio   | 34.400 ± 0.4000          | 36.7000 ± 0.200 | 37.3000 ± 0.1000 |
| Hierro   | 00.002 ± 0.0001          | 00.0022 ± 0.002 | 00.0023 ± 0.0001 |
| Potasio  | 00.097 ± 0.0100          | 00.0720 ± 0.005 | 00.0600 ± 0.0200 |
| Magnesio | 00.398 ± 0.0060          | 00.4000 ± 0.013 | 00.4070 ± 0.0070 |
| Sodio    | 00.152 ± 0.0080          | 00.1260 ± 0.005 | 00.1150 ± 0.0250 |
| Azufre   | 00.091 ± 0.0210          | 00.0870 ± 0.014 | 00.0430 ± 0.0000 |
| Fosfato  | 00.116 ± 0.0020          | 00.1040 ± 0.000 | 00.1170 ± 0.0000 |

La composición de aminoácidos del cascarrón proveniente de las plantas quebradoras (base seca):

| Aminoácidos        | Con albúmina<br>adherida | Centrifugado | Lavado      |
|--------------------|--------------------------|--------------|-------------|
|                    | %                        | %            | %           |
| Acido glutámico    | 1.26 ± 0.03              | 0.76 ± 0.03  | 0.67 ± 0.06 |
| Acido aspártico    | 0.87 ± 0.02              | 0.52 ± 0.01  | 0.45 ± 0.04 |
| Serina             | 0.65 ± 0.02              | 0.38 ± 0.01  | 0.34 ± 0.03 |
| Leucina*           | 0.57 ± 0.01              | 0.32 ± 0.01  | 0.25 ± 0.03 |
| Arginina*          | 0.57 ± 0.01              | 0.38 ± 0.01  | 0.37 ± 0.03 |
| Valina*            | 0.54 ± 0.01              | 0.32 ± 0.04  | 0.29 ± 0.03 |
| Prolina            | 0.62 ± 0.04              | 0.45 ± 0.03  | 0.45 ± 0.04 |
| Glicina            | 0.51 ± 0.01              | 0.38 ± 0.01  | 0.35 ± 0.03 |
| Fenilalanina*      | 0.38 ± 0.03              | 0.18 ± 0.02  | 0.10 ± 0.01 |
| Treonina*          | 0.47 ± 0.01              | 0.30 ± 0.01  | 0.29 ± 0.02 |
| Alanina            | 0.45 ± 0.01              | 0.26 ± 0.01  | 0.20 ± 0.02 |
| Cistina y cisteína | 0.41 ± 0.02              | 0.20 ± 0.01  | 0.35 ± 0.03 |
| Lisina*            | 0.37 ± 0.01              | 0.20 ± 0.01  | 0.20 ± 0.01 |
| Isoleucina*        | 0.34 ± 0.01              | 0.19 ± 0.01  | 0.15 ± 0.01 |
| Metionina*         | 0.28 ± 0.02              | 0.19 ± 0.02  | 0.16 ± 0.02 |
| Histidina*         | 0.30 ± 0.02              | 0.24 ± 0.01  | 0.20 ± 0.01 |
| Tirosina           | 0.25 ± 0.02              | 0.15 ± 0.01  | 0.12 ± 0.02 |
| Total              | 8.84                     | 5.42         | 4.94        |

\* aminoácidos esenciales.

La composición de aminoácidos del cascarón proveniente de las plantas quebradoras comparado con la clara y expresado como por ciento del total de aminoácidos enlistados (w):

| Aminoácidos        | Clara<br>(Snider y-<br>Cotterill) | Cascarón                      |                   | Lavado<br>% |
|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------|
|                    |                                   | Con albúmina<br>adherida<br>% | Centrifugado<br>% |             |
| Acido glutámico    | 13.76                             | 14.25                         | 14.02             | 13.56       |
| Acido aspártico    | 10.11                             | 9.84                          | 9.59              | 9.11        |
| Serina             | 6.77                              | 7.35                          | 7.01              | 6.88        |
| Leucina*           | 8.71                              | 6.45                          | 5.90              | 5.06        |
| Arginina*          | 5.37                              | 6.45                          | 7.01              | 7.49        |
| Valina*            | 7.93                              | 6.11                          | 5.90              | 5.87        |
| Prolina            | 3.11                              | 7.01                          | 8.30              | 9.11        |
| Glicina            | 3.19                              | 5.76                          | 7.01              | 7.09        |
| Fenilalanina*      | 6.92                              | 4.30                          | 3.32              | 2.02        |
| Treonina*          | 4.66                              | 5.32                          | 5.54              | 5.87        |
| Alanina            | 5.83                              | 5.09                          | 4.80              | 4.05        |
| Cistina y cisteína | 2.49                              | 4.64                          | 3.69              | 7.09        |
| Lisina*            | 5.91                              | 4.19                          | 3.69              | 4.05        |
| Isoleucina*        | 5.29                              | 3.85                          | 3.51              | 3.03        |
| Metionina*         | 4.12                              | 3.17                          | 3.51              | 3.24        |
| Histidina*         | 2.02                              | 3.39                          | 4.43              | 4.05        |
| Tirosina           | 3.81                              | 2.83                          | 2.77              | 2.43        |
| Total              | 100.00                            | 100.00                        | 100.00            | 100.00      |

\* Aminoácidos esenciales.

El cascarón húmedo que se obtiene de las plantas quebradoras -- constituye un problema en cuanto que está sujeto a la descomposición y al ataque de los insectos.

Los datos presentados anteriormente sobre el cascarón y su alto contenido de humedad nos muestran que no había sido aprovechado. Pero -- secando este desperdicio puede utilizarse como un ingrediente alimenticio.

## 2.- Material orgánico, en el cascarón de huevo (c).

Alrededor de la clara hay dos membranas compuestas de fibras. El cascarón está unido al exterior de las membranas por la mamila que tiene prominencias hemisféricas y rugosas compuestas de calcita.

Cada mamila contiene un corazón de materia orgánica y se sumerge en el cuerpo principal del cascarón. Entre la capa mamilar y la cutícula se encuentra la capa esponjosa, compuesta de una masa densa de crista les de calcita unidos a una matriz orgánica esparsida. El cascarón contiene poros, que comienzan con intersticios, entre la mamila pasando a través del cascarón y abriéndose a la superficie. Esta superficie se encuentra cubierta por una capa delgada y resistente llamada cutícula.

Histológicamente las membranas del cascarón están separadas en capas. La membrana exterior, siguiente del cascarón se compone de 3 capas, la externa de fibras de queratina y otras dos fibras de mucina y la membrana interna compuesta de dos capas indistintas de fibras de queratina y mucina. Con un análisis parcial de aminoácidos y rayos X se comprueba que las membranas están compuestas de gran cantidad de queratina. Por medio de estudios histoquímicos, se mostró que la matriz se compone de un complejo proteína-ácido-polisacárido; también se indica la presencia de un azúcar neutro, particularmente en el corazón mamilar.

La cutícula es un epitelio celular sobre una membrana basal. Es porosa y compuesta principalmente por mucina. En 1958 se demostró la presencia de proteína conteniendo principalmente cadenas de disulfuro -- así como grupos sulfhídrico libres y fosfolípidos.

a) Composición de la matriz del cascarón de huevo.- La matriz en ba se seca contiene 7.92% de cenizas, donde el sulfato está presente pero el fosfato no. Los aminoácidos y azúcares se encontraron después de la hidrólisis.

La galactosa, manosa, fucosa, galactosamina, glucosamina y ácido glucurónico se identificaron por cromatografía y electroforesis.

Valores analíticos para el cascarón: matriz, membranas y cutícula (c):

|  | Matriz<br>(% de materia<br>orgánica sul-<br>fatada) | Membranas<br>(% de materia<br>orgánica) | Cutícula<br>(% de materia<br>orgánica) |
|--|---|---|--|
| Nitrógeno                                  | 15.01   | 15.54                                   | 15.94                                  |
| Hexosamina nitrogenada                     | 0.46  | 0.11                                    | 0.24                                   |
| Hexosamina no nitrogenada (por diferencia) | 14.55   | 15.43                                   | 15.70                                  |
| Hexosamina                                 | 5.83  | 1.43                                    | 3.06                                   |
| Azúcar neutro (como galactosa)             | 3.57  | 1.97                                    | 2.87                                   |
| Ácido urónico (como ácido glucurónico)     | 1.45  | 0.00                                    | 0.00                                   |
| Sulfato de éster                           | 1.10  | trazas                                  | 0.00                                   |

En la composición de aminoácidos de la matriz no se detectó metionina en los cromatogramas con ninhidrina o con yoduro de platino y después de una hidrólisis alcalina de la matriz no se encontró triptófano. Las pruebas para hidroxiprolina también fueron negativas.

Existe gran similitud entre la composición de esta proteína y la proteína no colagínosa asociada con el sulfato de condroitina en el cartilago de ganado y de cerdo.

Composición de aminoácidos del cascarón de huevo comparado con la proteína no colagínosa asociada con el sulfato de condroitina en el cartilago de ganado y de cerdo:

| Aminoácidos:  | Proteína no colagínosa                          |   |  |   |
|---------------|---|---|--|---|
|               | Matriz del cascarón (g de N/100g de N proteico) | Cartilago de ganado (g de N/100g de N proteico) | Cartilago de cerdo (g de N/100g de N proteico) | Matriz del cascarón (g de n.a/100g de materia orgánica) |
| Arginina      | 11.6  | 5.57  | 9.73   | 5.3   |
| Ac. glutámico | 7.4   | 8.80  | 7.57   | 11.5  |
| Glicina       | 6.9   | 4.79  | 7.07   | 5.4   |
| Isoleucina    | 6.3   | 2.77  | 2.99   | 8.7   |
| Leucina       | 5.4   | 6.15  | 6.26   | 5.0   |
| Alanina       | 5.4   | 4.79  | 5.64   | 5.0   |
| Ac. aspártico | 4.8   | 5.71  | 5.58   | 6.7   |
| Valina        | 4.3   | 4.05  | 4.46   | 5.3   |
| Treonina      | 4.1   | 2.86  | 3.35   | 5.2   |

....

## Proteína no colagínosa (c)

| ....           | Matriz del<br>cascarón (g de<br>N/100g de N --<br>proteico) | Cartilago de<br>ganado (g de N/100g<br>de N proteico) | Cartilago<br>de cerdo<br>(g de N/100g<br>de N protei<br>co) | Matriz<br>del cas-<br>carón --<br>(g de --<br>a.a/100g<br>de mate-<br>ria orgá<br>nica) |
|----------------|---|---|---|---|
| Serina         | 4.0   | 2.64  | 6.38  | 4.4   |
| Prolina        | 3.1   | 6.94  | 1.07  | 3.8   |
| Lisina         | 3.0   | 5.04  | 3.27  | 2.3   |
| Fenilalanina   | 2.3   | 4.67  | 3.31  | 4.0   |
| Cistidina      | 1.4   | -----   | trazas  | 1.8   |
| Histidina      | 1.1   | 3.67  | 2.87  | 0.6   |
| Tirosina       | 0.3   | 2.60  | 1.87  | 0.6   |
| Metionina      | 0.0   | 0.87  | -----   | 0.0   |
| Hidroxiprolina | 0.0   | 0.00  | 0.00  | 0.0   |
| Total          | 66.0  | 71.92   | 72.24   | 70.6  |

b) Composición de las membranas del cascarón.- Las membranas del cascarón contienen 1.85% de cenizas, y sobre una base libre de cenizas, 15.54% de nitrógeno. La composición de aminoácidos: 73.4% de nitrógeno no hexosaminado y 82.3% de materia orgánica recuperada como aminoácidos. La proteína de la membrana se distingue de las proteínas de la matriz y cutícula, por su alto contenido de cistina, histidina y prolina. El análisis comprueba que las membranas del cascarón son queratina.

Después de un lavado prolongado con agua las membranas retuvieron algunos carbohidratos. La hexosamina y la galactosa se encontraron probablemente con agua manosa, pero la baja concentración de azúcares - en la alta presencia de aminoácidos hace más difícil su identificación.

c) Composición de la cutícula del cascarón.- La cutícula del cascarón contiene 3.49% de cenizas, y sobre la base de materia orgánica -- 15.94% de nitrógeno. La composición en aminoácidos indica que la proteína de la cutícula difiere de la membrana y la matriz por su alto contenido de lisina, glicina y tirosina, así como el contenido medio de -- cistina.

Análisis de azúcares muestra la presencia de galactosa, manosa fucosa y hexosamina, pero no se indica la presencia de ácido urónico(r).

Composición en aminoácidos de las membranas y cutícula del cascarón de Huevo (j):

|                | Membranas<br>(g de N/100g<br>de N proteí<br>co) | Cutícula<br>(g de N/100g<br>de N proteí<br>co) | Membranas<br>(g de a.a./100g<br>de materia or<br>gánica) | Cutícula<br>(g de a.a./100g<br>de materia or<br>gánica) |
|----------------|---|--|--|---|
| Ac. Aspártico  | 6.4   | 6.1  | 9.4  | 9.0   |
| Ac. glutámico  | 9.1   | 7.8  | 14.8   | 12.8  |
| Arginina       | 9.6   | 12.7   | 4.6  | 6.2   |
| Lisina         | 3.0   | 6.4  | 2.4  | 5.2   |
| Histidina      | 4.9   | 1.4  | 2.8  | 0.8   |
| Cistina        | 6.2   | 3.1  | 8.2  | 4.2   |
| Metionina      | 4.7   | 5.3  | 6.0  | 6.9   |
| Valina *       | 4.7   | 5.3  | 6.0  | 6.9   |
| Glicina        | 4.5   | 11.1   | 3.7  | 9.3   |
| Serina         | 4.7   | 4.9  | 5.4  | 5.8   |
| Alanina        | 2.7   | 3.6  | 2.6  | 3.6   |
| Treonina       | 3.7   | 4.4  | 4.8  | 5.8   |
| Isoleucina     | 1.0   | 3.1  | 1.5  | 4.5   |
| Leucina        | 2.3   | 2.9  | 3.3  | 4.2   |
| Tirosina       | 3.3   | 5.2  | 2.9  | 4.6   |
| Fenilalanina   | 2.1   | 1.6  | 3.9  | 3.0   |
| Prolina        | 5.2   | 3.3  | 6.6  | 4.3   |
| Hidroxiprolina | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 0.0   |
| Total          | 73.4  | 82.9   | 82.3   | 90.2  |

\*La metionina y la valina no se separaron cuantitativamente por lo que los valores se calcularon como valina.

### 3.- Aspectos microbiológicos sobre la cáscara y membrana del huevo.

La cutícula, una película protozoide natural invisible constituye la primera línea de defensa contra la penetración microbiana en el huevo. La segunda barrera física es la cáscara. Dentro de la cáscara hay dos membranas, la interna y la externa, o tercera y cuarta barreras respectivamente.

a) Cutícula.- El lavado de los huevos o el uso de abrasivos para eliminar la suciedad rompe la capa de cutícula y permite una penetración más fácil de los microorganismos. La cutícula tiende a agrietarse y deteriorarse con el tiempo; por ende, no puede servir de barrera microbiana para los huevos almacenados durante largos periodos.

b) Cáscara de huevo.- La cáscara no es una estructura homogénea. Consiste de un entramado orgánico de fibras y de una sustancia intersticial de material inorgánico. Las dos principales capas de cáscara son -



la externa o capa esponjosa y la interna o capa mamilar. La externa es más delgada y contiene la mayoría de los minerales.

La cáscara contiene de seis a ocho mil poros microscópicos que permiten el intercambio de vapor de agua y gases entre el interior del huevo y la atmósfera exterior. El tamaño de los poros varía entre 1.6 y 74.7  $\mu$ m. El tamaño promedio más probable se sitúa entre 20 y 45  $\mu$ m, tamaño que permitirá el paso de muchos microorganismos, incluso las células de levadura pueden pasar, mientras que los micelios de los mohos pueden desarrollarse entre los poros. Hay una relación directa entre la porosidad de la cáscara y la infección directa en los huevos.

El peso y la delgadez de la cáscara no se correlacionan con la penetración de microorganismos sin embargo, estos factores pueden incidir en el deterioro de la cáscara durante el manipulado, ya que las cáscaras delgadas tienden a romperse más fácilmente que las duras. Los huevos con cáscara dañadas son más vulnerables a la penetración de las bacterias y consiguiente deterioro del huevo.

Si la temperatura del huevo es más alta que la del contorno, -- (cuando el huevo es puesto), hay una mayor posibilidad de penetración y a medida que aumenta la diferencia de temperatura, la infección previsible aumenta. Ello se debe al enfriamiento del contenido del huevo que produce una contracción y el consiguiente aumento relativo de la presión exterior respecto a la inferior. La presión diferencial empuja a los microorganismos a través de los poros de la cáscara.

La humedad de la cáscara, como se da durante el lavado de los huevos y cuando un huevo frío es introducido en una habitación caliente y húmeda, incrementa el potencial de infección microbiana.

c) Membrana de la cáscara.- La membrana externa está en contacto con la cáscara del huevo; la membrana interna, llamada "membrana del huevo", está en contacto con el albúmen. Las membranas se componen principalmente de fibras proteínicas (fibrina y mucina) reforzadas con un material albuminoso cementante. Estas membranas se consideran eficaces filtros bacterianos, siéndolo más en este sentido la interna por presentar un entretejido fibroso más denso. Los organismos inoculados en la superficie de la cáscara pueden ser encontrados en las membranas casi instantáneamente, mientras que los inoculados en el espacio celular y en las membranas internas no son recuperables del albúmen hasta transcurridos varios días. Esta aparente retención de las bacterias en el interior de la membrana puede deberse en parte a la conalbumina del albúmen, ya que si se añade hierro al inóculo o en el interior del albúmen del huevo se precipita la penetración de las bacterias a través de la membrana interna. No se ha encontrado diferencias en la permeabilidad de la membrana interna de la cáscara antes y después del paso de Pseudomonas aeruginosa o Salmonella typhimurium, lo cual indica que no es necesaria la activi--

dad enzimática para dicha penetración. Ambas especies bacterianas pueden atravesar la superficie de la cáscara y la membrana interna en dos horas. Aunque no hay poros propiamente dichos, en las membranas, hay aparentemente espacios libres en las fibras entrelazadas. Pero, si una bacteria logra penetrar estas barreras, los mecanismos antimicrobianos del albúmen intervienen antes de que pueda atacar los nutrientes de la yema (23).

4.- Usos del cascarón de huevo.- Dentro de las aplicaciones o usos que se han venido dando al cascarón se tienen los siguientes:

a) Artes populares.- Desde el siglo XV en Italia el cascarón de huevo se ha utilizado en la producción de mosaicos con gran variedad de diseños. El cascarón se parte en trozos de 1/8 y 1/4 de pulgada de diámetro y después se tiñen y unen conforme al arreglo deseado. También se usan sin quebrar, pero vacíos para elaborar figuras de animales.

En el siglo IV se acostumbró en el día de Pascuas decorar y regalar huevos en muchos países.

b) Materiales artísticos.- La yema combinada con el cascarón en polvo o la cual es una mezcla sólida aplicable a la pintura o su terminado en los murales.

Los artistas también usaron el cascarón como una superficie de pintura. En siglos pasados, los jóvenes ricos de Venecia pagaban cantidades fabulosas por sus retratos en miniatura delicadamente pintados sobre el cascarón (32).

c) Productos sintéticos: imitación de cuernos, conchas y marfil. La albúmina y el cascarón en polvo son usados para fabricar piezas de cuernos, conchas y marfil. La albúmina y el cascarón en polvo se mezclan con agua y se colocan en moldes, donde se presionan por varios minutos. La albúmina presionada se trata químicamente y se seca por varios días; las deformidades sobre su superficie son limadas. Se pueden aplicar diseños de caray con tñ en polvo o tinta japonesa antes de que la albúmina sea procesada. También se le pueden dar otros colores o matices.

d) Terapéutico.- Como dato curioso cabe mencionar que el cascarón junto con el huevo se utiliza como ingrediente en la formulación de un tónico yoga llamado "Coctel de Calcio". En base a lo establecido por el profesor Carl Albin, el calcio, el limón, el azufre (yema de huevo) la miel (sabor) y un poco de alcohol (conservador); todo esto mezclado y tomado en ciertas dosis restablece el equilibrio normal y la actividad de las gónadas o glándulas sexuales de los 30 a los 60 días (6).

e) Fertilizantes.- Muchos de los huevos desechados al empollarse y los provenientes de las plantas quebradoras son secados y colocados en la tierra como fertilizantes. Los cascarones contienen suficiente potasio y fósforo para utilizarse como un práctico fertilizante en pequeña escala. Se ha demostrado que la albúmina sirve de ayuda en la amonificación del terreno, aunque su uso en gran escala puede resultar costoso.

f) Alimento para animales.- Debido a que el cascarón de huevo contiene aproximadamente 93% de carbonato de calcio, se considera una buena fuente de este mineral para polluelos y gallinas ponedoras, de la misma manera la concha de las otras o la caliza. Cabe aclarar que antes de que el cascarón se pueda consumir por los pollos, éste debe ser procesado, hay que esterilizarlo, puesto que varias de las enfermedades comunes en las aves pueden ser acarreadas por los huevos; finalmente el cascarón es molido. Quince libras (3%) de este producto son suficientes por cada 500 lb, de la mezcla alimenticia que se les suministra a las gallinas para proporcionar una cantidad adecuada de calcio. La única objeción de utilizar de esta manera el cascarón es que puede resultar más caro que las conchas o la caliza (32).

F.- Carbonato de calcio.

I.- Calcio en la naturaleza.

El calcio es un elemento que ocupa el sexto lugar en la corteza terrestre debido a que se encuentra en formación del compuesto carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ -P.M. 100.09) el cual es el segundo mineral en amplitud de distribución sobre la tierra. Este elemento existe en varias formas: como piedra caliza, que puede usarse directamente en construcción o como cal viva. Cuando se comprime fuertemente la piedra caliza por fuerzas naturales produce el mármol. Si la piedra es porosa, de grano fino que se desmorona fácilmente formaría el gis o tiza. El  $\text{CaCO}_3$  puro, cristalino, incoloro, transparente, inodoro, insípido e insoluble en agua se encuentra como calcita con una densidad de 2.7 g/ml. Otra forma es la aragonita con una densidad de 2.93 g/ml.

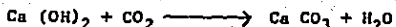
La calcinación de sustancias portadoras de  $\text{CaCO}_3$  proporciona una de las materias principales de la industria química, la cal viva:



La cal pura, posee un alto punto de fusión ( $2580^\circ\text{C}$ ) se utiliza como ladrillo refractorio para el revestimiento de los hornos. Cuando se usa como mortero, estuco y yeso la cal se encuentra como cal apagada.



### La carbonatación:



El término carbonato de calcio precipitado se aplica a los tipos comerciales de compuestos producidos químicamente en un proceso de precipitación; éste es más fino, con partículas más uniformes y alto de pureza (98.5% mínimo).

### 2.- Calcio en el cuerpo humano.

El calcio es el elemento más abundante en el cuerpo humano y llega a representar hasta el 2% del peso total del cuerpo. Aproximadamente 99% del calcio se encuentra distribuido en las estructuras óseas y el resto en los fluidos celulares (19).

Los movimientos musculares requieren del calcio al igual que el proceso de coagulación de la sangre y la transmisión nerviosa.

La velocidad de absorción de calcio a través de las paredes del intestino delgado depende del pH, ya que es insoluble en condiciones alcalinas, lo que hace más difícil su difusión y por consiguiente su absorción. (29).

La leche con una alta concentración de calcio, contiene también lactosa y vitamina D, que es necesaria para el transporte de este mineral a través de la pared intestinal. La lactosa se fermenta en la parte distal del intestino delgado, con la producción de ácido láctico y la consecuente baja de pH; esto solubiliza el calcio y facilita su absorción. La acumulación de calcio en los huesos está controlada por la vitamina D, la hormona paratiroidea y la Vitamina C. Para obtener una óptima absorción de calcio debe haber una relación 2:1 con el fósforo, ya que un desequilibrio reduce su transporte y aprovechamiento en el caso de los productos lácteos (11).

Por otro lado, siendo el azúcar el hidrato de carbono puro, sin vitaminas ni minerales, sólo sirve para proveer energía; pero al hacer lo se crea una demanda de fósforo, para que el proceso pueda cumplirse al igual que hay demanda de calcio para que las reacciones que producen la energía sean mantenidas dentro de los límites apropiados. El organismo (la sangre) en un momento dado recurre a las reservas de fósforo de calcio existente en los huesos cuando hay un consumo excesivo y único de azúcares; trayendo por consecuencia una descalcificación en el individuo, ó más bien una desmineralización, pues son varios los minerales faltantes, además del calcio (21).

En algunos medicamentos y alimentos se utilizan las siguientes sales de calcio:

- a) Sales inorgánicas insolubles: cloruro de calcio.
- b) Sales inorgánicas solubles: carbonato de calcio, que en el estómago junto con el ácido clorhídrico forma cloruro de calcio soluble; y con ácidos más débiles forma bicarbonato de calcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ), también soluble.
- c) Sales orgánicas solubles: lactato de calcio y gluconato de calcio.

Al ingerir cualquier sal de calcio, se absorbe en la misma forma. El pasaje se realiza por un proceso activo, pues el calcio es transportado en contra de un gradiente de concentración. La acidéz y la vitamina D son los factores que rigen la absorción, siendo ésta escasa, apenas un 30% de lo ingerido (21).

La cantidad de calcio que se excreta tiende a equilibrar la cantidad que se absorbe o el exceso de consumo.

Los niños necesitan ingerir calcio en mayor proporción que los adultos. Una buena parte de este mineral calcio y fósforo sirve para la construcción de los huesos y el resto para los procesos vitales. Los adultos necesitan calcio para los mismos fines, siendo sus huesos tejidos vivos que si bien no aumentan de tamaño, requieren repararse constantemente y el resto servirá en los procesos vitales.

A partir de los 25 años, el organismo humano empieza a utilizar el calcio acumulado en huesos y dientes. La pérdida se inicia desde ese momento; sin embargo, los cambios hormonales que ocurren durante la menopausia, aceleran el proceso de tal manera que a la edad de 60 años la gran mayoría de las mujeres presentan un cuadro de osteoporosis más o menos severo. Por ello una de las tendencias de manufactura en Estados Unidos son los productos enriquecidos con calcio: pan, cereales, rn frescos, jugos, etc. Aunque existen algunas publicaciones médicas donde se menciona que enriquecer los alimentos con mineral no previene la osteoporosis (29).

Los requerimientos diarios de calcio, fósforo y magnesio recomendados son (11):

|           | Edad<br>(años) | Peso<br>(kg) | Talla<br>(cm.) | Energía<br>(kcal)* | MINERALES      |                 |                  |
|-----------|----------------|--------------|----------------|--------------------|----------------|-----------------|------------------|
|           |                |              |                |                    | Calcio<br>(mg) | Fósforo<br>(mg) | Magnesio<br>(mg) |
| Lactantes | 0.0-0.5        | 6            | 60             | kg x 117           | 360            | 240             | 60               |
|           | 0.5-1.0        | 9            | 71             | kg x 108           | 540            | 400             | 70               |
| Niños     | 1-3            | 13           | 86             | 1300               | 800            | 800             | 150              |
|           | 4-6            | 20           | 110            | 1800               | 800            | 800             | 200              |
|           | 7-10           | 30           | 135            | 2400               | 800            | 800             | 250              |

....

|           | Edad<br>(años) | Peso<br>(kg) | Talla<br>(cm.) | Energía<br>(kcal)* | Calcio<br>(mg) | Fósforo<br>(mg) | Magnesio<br>(mg) |
|-----------|----------------|--------------|----------------|--------------------|----------------|-----------------|------------------|
| Hombres   | 11-14          | 44           | 158            | 2800               | 1200           | 1200            | 350              |
|           | 15-18          | 61           | 172            | 3000               | 1200           | 1200            | 400              |
|           | 19-22          | 67           | 172            | 3000               | 800            | 800             | 350              |
|           | 23-50          | 70           | 172            | 2700               | 800            | 800             | 350              |
|           | 51+            | 70           | 172            | 2400               | 800            | 800             | 350              |
| Mujeres   | 11-14          | 44           | 155            | 2400               | 1200           | 1200            | 300              |
|           | 15-18          | 54           | 162            | 2100               | 1200           | 1200            | 300              |
|           | 19-22          | 58           | 162            | 2100               | 800            | 800             | 300              |
|           | 23-50          | 58           | 162            | 2000               | 800            | 800             | 300              |
|           | 51+            | 58           | 162            | 1800               | 800            | 800             | 300              |
| Embarazo  |                |              |                | +300               | 1200           | 1200            | 450              |
| Lactancia |                |              |                | +500               | 1200           | 1200            | 450              |

\*Kilojoules (kj)=4.2 X kcal.

### 3.- Aplicaciones.

El carbonato de calcio encuentra aplicaciones principalmente en las siguientes industrias de:

Perfumería (polvos); farmacéutica (dentríficos, pulimentos, medicamentos); metalúrgica; cerillera (fabricación del papel); vinícola (para eliminar la acidez) de la construcción; cerámica; vidriera; del hule; de tintas; en síntesis orgánicas, etc.

En cuanto a la industria alimentaria la podemos dividir en dos grupos básicamente:

a) Alimentos balanceados para animales.- La cal se utiliza como suplemento mineral en la alimentación de animales domésticos; pues algunas leyes estatales exigen como suplemento mínimo un 35% de calcio aprovechable. Otras fuentes de calcio son el hueso y el fosfato dicálcico. El consumo de caliza como suplemento alimenticio ha alcanzado  $1.4 \times 10^6$  toneladas/año.

Dentro de los principales productos animales utilizados en la alimentación de los ganados se incluyen: harina de carne, de intestino, de huesos, de pescado y algunos subproductos lácteos; también se pueden com

plementar estos alimentos con los minerales que poseen las ostras o la cáscara de huevo.

El calcio en forma de carbonato es un compuesto que puede ser aprovechado por el organismo animal siguiendo las vías metabólicas correctas.

La cantidad de calcio que debe consumir un animal depende principalmente de la edad y la especie, aunque cabe mencionar que debe existir una relación de equilibrio entre calcio y fósforo.

b) Alimentos humanos.- Los alimentos como ya se sabe, sobre todo los industrializados no están desarrollados en un 100%. Por consiguiente, en ocasiones se necesita fortificarlos con minerales, vitaminas o proteínas, según sea el caso.

Además de fortificar los alimentos, el calcio brinda otras características a ciertos productos como: peso, amortiguador de pH, favorece la textura, etc.

Es aplicable a chocolates, dulces, recubrimientos de chicles, atoles, bebidas en polvo, chicolosos, pan, galletas, en jaleas dietéticas, gelatinas (ayuda a formar el gel). Por ejemplo en el caso de la carragenina, cuando se dispersa en agua requiere un calentamiento ligero para que se disuelva; la solución resultante tiene una baja viscosidad a temperaturas mayores de 60°C, pero al enfriarse forma geles, cuya calidad y rigidez depende de la concentración del coloide y de la cantidad de iones calcio que contengan. En el caso de las pectinas los geles requieren de elevada concentración de azúcar, utilizan una pectina con un alto contenido de metoxilos, aproximadamente 60 a 80% de esterificación del total de grupos carboxilo. Los geles que necesitan una baja concentración de azúcar, requieren pectinas bajas en metoxilo 20-40% y de la adición de calcio, siendo generalmente empleados en la elaboración de mermeladas y otros elementos de tipo dietéticos (13).

Como se ha venido mencionando la fortificación de los alimentos (0.5 al 10%), se efectúa con sales de fosfato de calcio dibásico y tribásico, al igual que con carbonato.

El grado de pureza del carbonato de calcio aplicable dependerá del producto en mención así como de las características finales deseadas.

#### 4.- Especificaciones.

A continuación se muestran las especificaciones de compuestos o productos que contienen el calcio, ya sea como complemento en alimentos

balanceados para animales; en alimentos humanos o para la industria farmacéutica donde se utiliza en mayor cantidad el carbonato de calcio precipitado (17).

a) Calcio en alimentos para animales:

El carbonato de calcio dependiendo de su pureza se clasificó en 3 tipos<sup>1</sup> o calidades:

|                                   | A     | B     | C     |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|
| % Ca (mínimo)                     | 38.50 | 37.00 | 35.00 |
| % Mg (máximo)                     | 0.30  | 0.30  | 0.30  |
| Granulometría 12- $\phi$ retenido | 2.00  | 2.00  | 2.00  |
| 42- $\phi$ retenido               | 95.00 | 95.00 | 95.00 |
| Densidad g/ml. (mínimo)           | 1.43  | 1.43  | 1.43  |

Especificaciones microbiológicas<sup>1</sup> del  $\text{CaCO}_3$ :

|                             |                |        |
|-----------------------------|----------------|--------|
| Cuenta Mesofílicos aerobios | - 50,000 col/g | máximo |
| Coliformes                  | - 200 col/g    | máximo |
| Hongos y levaduras          | - 10 col/g     | máximo |
| <u>E. Coli</u>              | - negativo     |        |
| <u>Salmonella</u>           | - negativo     |        |

En base a la norma oficial mexicana "Complemento de calcio, fósforo y cloruro de sodio, para ganado bobino, ovino, caprino, caballar y porcino" se tienen las siguientes especificaciones:

|                  | % mínimo | % máximo |
|------------------|----------|----------|
| Calcio           | 12       | 15       |
| Fósforo          | 7        | 11       |
| Cloruro de sodio | 12       | 20       |
| Humedad          |          | 8        |

La presentación puede ser en harina o bloques.

La "Roca fosforica" destinada a la alimentación animal como fuente de fósforo y calcio, es el producto de la molienda y beneficio del mineral conocido como apatita; debe cumplir las siguientes especificaciones:

|                  | % mínimo | % máximo |
|------------------|----------|----------|
| Calcio total     | 18.0     | 30.000   |
| Fósforo total    | 7.5      |          |
| Aluminio soluble |          | 3.000    |
| Magnesio         |          | 0.100    |
| Flúor            |          | 0.500    |
| Arsénico         |          | 0.005    |
| Humedad          |          | 7.000    |

<sup>1</sup>Datos proporcionados por "Purina, S.A."



b) Carbonato de calcio grado alimenticio.- El carbonato de calcio como aditivo para los alimentos de consumo humano que cumple con los requisitos del Código Sanitario<sup>1</sup>, tiene las siguientes especificaciones:

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
|                              | <b>%</b>    |
| Carbonato de calcio          | 96.70       |
| Insolubilidad en ácido       | 0.25        |
| Hierro                       | 0.01        |
| Arsénico                     | 0.00        |
| Cuarzo                       | 0.00        |
| Plomo                        | 0.00        |
| Bario                        | 0.00        |
| Sulfuros                     | 0.00        |
| Alcalinidad libre            | 0.00        |
| Humedad                      | 0.70        |
| Granulometría, malla 200     | 50 retenido |
| Gravedad específica aparente | 1.212 g/ml. |

#### Análisis microbiológico<sup>1</sup>:

|                              |                |
|------------------------------|----------------|
| Cuenta mesofílicos aerobios  | - 5,000 col/g. |
| Coliformes                   | - 0 col/g.     |
| Hongos y levaduras           | - 0 col/g.     |
| <u>Salmonella - Shigella</u> | - 0 col/g.     |
| <u>Staphylococcus</u>        | - 0 col/g.     |

c) Carbonato de calcio precipitado.- Para los efectos de la "Norma Oficial de Calidad" para "Carbonato de Calcio Precipitado", comprenden de dos tipos:

Tipo A.- Con un solo grado de calidad denominado:

Grado A1.- Carbonato de calcio precipitado ligero.

Tipo B.- Con dos grados de calidad:

Grado B1.- Carbonato de calcio precipitado pesado.

Grado B2.- Carbonato de calcio precipitado especial para dentífricos.

Las especificaciones que deben cumplir son las siguientes:

|                                      | TIPO A    | TIPO B    |           |
|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                                      | Grado A1  | Grado B1  | Grado B2  |
| Calcio en CaCO <sub>3</sub> (% mín.) | 98.500    | 98.500    | 98.500    |
| Humedad (% máximo)                   | 0.500     | 0.500     | 0.500     |
| Gravedad específica, aparente.       | 0.35-0.40 | 0.55-0.60 | 0.70-0.75 |

<sup>1</sup>Datos proporcionados por "Grupo Jo'Ben".

|                              | TIPO A   |          | TIPO B   |          |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|                              | Grado A1 | Grado B1 | Grado B2 | Grado B2 |
| Insoluble en ácido (% máx.)  | 0.200    | 0.200    | 0.050    |          |
| Hierro en FeO (% máx.)       | 0.600    | 0.600    | 0.600    |          |
| Plomo (% máx.)               | 0.003    | 0.003    |          |          |
| Alcalinidad (% máx.)         | 0.100    | 0.100    | 0.100    |          |
| Bario (cualitativo)          | Negativo | Negativo | Negativo |          |
| Sulfuros (cualitativo)       | Negativo | Negativo | Negativo |          |
| Fínura (malla 200, % mín.)   | 99.000   | 99.000   | 99.000   |          |
| Cuarzo y partículas arenosas | Negativo | Negativo | Negativo |          |

G.- Aspecto nutricional y equipo para deshidratar el cascarón de huevo.

El cascarón de huevo proveniente de las plantas quebradoras generalmente es desechado, pero en ocasiones es distribuido sobre la tierra. Esta distribución crea problemas de contaminación y no permite su óptimo aprovechamiento.

En cuanto al valor nutricional se tiene la siguiente información:

- En 1940 se alimentó con cascarón de huevo a gallinas ponedoras en lugar de conchas de ostras o piedra caliza, obteniéndose resultados satisfactorios.
- En 1973 se reportó que el cascarón de huevo es una buena fuente de calcio para gallinas ponedoras.
- La composición de aminoácidos del cascarón contribuye en el aspecto nutricional (t).

El cascarón que se obtiene de estas plantas quebradoras puede contener de un 29% a 35% de humedad, lo cual nos indica que provee un medio para un óptimo crecimiento microbiano. Por consiguiente, para producir un alimento de calidad es necesario deshidratar este desecho con el fin de prevenir el crecimiento bacteriano, reducir los problemas de insectos y facilitar su manejo (u).

Para la obtención de este producto deshidratado se realizaron los experimentos en dos tipos de secadores:

- 1.- Secador rotatorio de tres pasos (Heil Company)
- 2.- Secador tipo un tubo relampago (National Egg Products Corp).

Con el equipo No. (1) se llegó a un producto que contenía 7.5% de proteína y 33.5% de calcio. La segunda harina de cascarón contuvo 5.44% y 34.8% respectivamente. La humedad final en ambos casos, fue de 2%.

Experimento A.- El cascarón obtenido a partir del secador rotatorio fue incorporado en dietas de gallinas ponedoras, con dos niveles de proteína, comparándolo a su vez, con la piedra caliza molida.

Experimento A - Composición de la dieta (u)

| Dieta                                | 15.2 % Proteína |                       | 12.8 % Proteína |                       |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
|                                      | Caliza          | Cascarón en polvo (1) | Caliza          | Cascarón en polvo (1) |
| Mafz                                 | 69.82           | 69.95                 | 72.34           | 72.48                 |
| Trigo                                | 7.54            | 6.59                  | 8.21            | 7.15                  |
| Harina de alfalfa (17% prot)         | 1.00            | 1.00                  | 1.00            | 1.00                  |
| Harina de soya (49% prot)            | 7.50            | 7.50                  | 7.50            | 7.50                  |
| Harina de carne de hueso (50% prot). | 7.00            | 6.44                  | 2.04            | 1.43                  |
| DL - metionina                       | 0.10            | 0.07                  | 0.04            | 0.03                  |
| Fosfato dicálcico                    | 0.52            | 0.67                  | 1.79            | 1.93                  |
| Caliza                               | 5.87            |                       | 6.43            |                       |
| Cascarón en polvo                    |                 | 7.13                  |                 | 7.83                  |
| Sal                                  | 0.40            | 0.40                  | 0.40            | 0.40                  |
| Vitaminas                            | 0.20            | 0.20                  | 0.20            | 0.20                  |
| Minerales                            | 0.05            | 0.05                  | 0.05            | 0.05                  |

Los resultados de este experimento son:

| Dieta                     | 15.2 % Proteína |                       | 12.8 % Proteína |                       |
|---------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
|                           | Caliza          | Cascarón en polvo (1) | Caliza          | Cascarón en polvo (1) |
| Peso cuerpo (g)           | 1748.000        | 1809.000              | 1728.000        | 1772.000              |
| % Producción              | 53.000          | 55.700                | 52.200          | 53.400                |
| g de alimento/g de huevo  | 2.660           | 2.550                 | 2.730           | 2.780                 |
| Peso de huevo (g)         | 64.800          | 66.500                | 64.900          | 65.000                |
| Gravedad específica       | 1.080           | 1.080                 | 1.080           | 1.080                 |
| Tensión a la ruptura (kg) | 2.890           | 2.900                 | 2.950           | 3.000                 |

Como se puede observar con un nivel de 15.2% de proteína en la dieta con cascarón en polvo (1), el peso del cuerpo y del huevo es mayor que con la caliza. Con un 12.8% de proteína no hay diferencia notable en los pesos de éstos. En cuanto a otras determinaciones no se encontraron cambios significativos.

Lo anterior indica que los aminoácidos y el calcio en el cascarón en polvo (1) son aprovechables biológicamente como los ingredientes a los que reemplazaron.

Experimento B.- Se evaluó la calidad de los huevos obtenidos de las gallinas ponedoras alimentadas con el cascarón en polvo (1) y (2) -- comparándose con caliza y conteniendo un 15.2% de proteína en la dieta, considerando una dieta completa y una restringida (10% menos del alimento completo).

Experimento B.- Composición de las dietas: (v)

| Dieta                               | Alimentación Completa |             |             | Limitada ( 10 % ) |             |             |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|
|                                     | Caliza                | Cascarón(1) | Cascarón(2) | Caliza            | Cascarón(1) | Cascarón(2) |
| Maíz                                | 69.82                 | 69.95       | 69.95       | 71.75             | 71.90       | 71.90       |
| Trigo                               | 7.54                  | 6.59        | 6.59        | 2.34              | 1.73        | 1.73        |
| Harina alfalfa<br>(17% prot)        | 1.00                  | 1.00        | 1.00        | 1.00              | 1.00        | 1.00        |
| Harina soya<br>(49% prot)           | 7.50                  | 7.50        | 7.50        | 8.66              | 7.74        | 7.74        |
| Harina carne y-<br>hueso (50% prot) | 7.00                  | 6.44        | 6.44        | 7.00              | 7.00        | 7.00        |
| DL-metionina                        | 0.10                  | 0.07        | 0.07        | 0.10              | 0.07        | 0.07        |
| Fosfato dicálcico.                  | 0.52                  | 0.67        | 0.67        | 1.51              | 1.52        | 1.52        |
| Caliza                              | 5.87                  | 7.13        | 7.13        | 6.94              | 8.34        | 8.34        |
| Cascarón en polvo (1).              |                       |             |             |                   |             |             |
| Cascarón en polvo (2).              |                       |             | 7.13        |                   |             | 8.34        |
| Sal                                 | 0.40                  | 0.40        | 0.40        | 0.40              | 0.40        | 0.40        |
| Vitaminas                           | 0.20                  | 0.20        | 0.20        | 0.24              | 0.24        | 0.24        |
| Minerales                           | 0.05                  | 0.05        | 0.05        | 0.06              | 0.06        | 0.06        |

Los resultados a los que se llegaron son:

| Dietas                             | Alimentación completa |             |             | Limitada ( 10 % ) |             |             |
|------------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|
|                                    | Caliza                | Cascarón(1) | Cascarón(2) | Caliza            | Cascarón(1) | Cascarón(2) |
| Alimento/gallina/día (g)           | 104.1000              | 105.4000    | 105.5000    | 93.5000           | 94.4000     | 94.7000     |
| Peso cuerpo(g)                     | 1700.0000             | 1716.0000   | 1737.0000   | 1563.0000         | 1578.0000   | 1554.0000   |
| % Producción g. alimento/g. huevo. | 76.6000               | 78.5000     | 75.4000     | 67.9000           | 70.8000     | 69.9000     |
| Peso huevo (g)                     | 2.3400                | 2.3500      | 2.3900      | 2.6700            | 2.5800      | 2.5900      |
| Espesor cáscara (mm.)              | 59.1000               | 58.9000     | 59.9000     | 58.1000           | 58.1000     | 58.0000     |
| Gravedad específica.               | 0.3260                | 0.3300      | 0.3290      | 0.3230            | 0.3280      | 0.3340      |
| Tensión ruptura(kg)                | 1.0849                | 1.0850      | 1.0847      | 1.0854            | 1.0855      | 1.0873      |
| Membrana exterior (mm.)            | 3.0000                | 2.9800      | 3.0000      | 3.0200            | 3.0000      | 3.1100      |
| Membrana interior (mm.)            | 0.0710                | 0.0750      | 0.0740      | 0.0740            | 0.0760      | 0.0750      |
|                                    | 0.0170                | 0.0180      | 0.0170      | 0.0180            | 0.0180      | 0.0190      |

El cascarón de huevo reemplaza todo el calcio normalmente suministrado por la caliza. La absorción del alimento diario en dietas completas conteniendo cascarón 1 y 2 es similar que el control con la caliza. El peso del cuerpo y del huevo fue más alto con el cascarón (2), que el caso de (1) y el de la caliza. Aunque la velocidad de producción es mayor en (1).

En los demás parámetros no hay diferencias significativas en cuanto a los resultados.

Con respecto a la dieta restringida se observa un peso mucho menor en el cuerpo; una producción mayor con cascarón (1) y una gravedad específica superior con el cascarón (2). Las características que se presentan con la ración limitada, son en general semejantes. (u).

En resumen los aspectos que muestran éstos y otros experimentos son:

- Cuando el cascarón se deshidrata en un secador rotatorio de tres pasos se obtiene mayor producción de las gallinas ponedoras.
- En un secador tubular aumenta el peso del huevo en la alimentación completa de las gallinas y la gravedad específica con la alimentación limitada.
- El aprovechamiento de los aminoácidos de la harina de cascarón de huevo es comparable a los de la combinación de trigo, harina de carne y hueso o harina de soya.
- El calcio del cascarón es rápidamente utilizado y su digestibilidad es semejante a la caliza.
- En cuanto a la fuente de calcio (caliza, desbulla, cascarón de huevo), para las gallinas ponedoras se tiene que un nivel de 5.7% proporciona un espesor mayor en la cáscara del producto que uno de 3.7%; pero la fuente en realidad no muestra diferencias significativas; aunque cabe mencionar que el cascarón de huevo se considera una fuente de calcio económica para las gallinas ponedoras.

M A T E R I A L Y M E T O D O S P A R A  
E L A N A L I S I S M I C R O B I O L O G I C O

### III.- MATERIAL Y METODOS PARA EL ANALISIS MICROBIOLÓGICO.

#### A.- Material.

##### 1.- Equipo.

- a) Autoclave con termómetro o manómetro.
- b) Asa de platino o nicromial de 3 mm. de diámetro y asa recta.
- c) Balanza granataria de capacidad no mayor de 2500 g. y de sensibilidad de 0.1 g.
- d) Baño María con termostato y termómetro.
- e) Contrador de colonias Quebec o equivalente.
- f) Gradillas adecuadas al tamaño de los tubos.
- g) Horno para esterilizar a 180°C.
- h) Incubadora con termostato entre 32 y 35°C, que evite variaciones mayores de  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ .
- i) Incubadora con termostato de 22°C, que evita variaciones mayores de  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ .
- j) Licuadora de una o dos velocidades, controlada por un reostato.
- k) Microscopio óptico.
- l) Potenciómetro.
- m) Termómetro hasta 200°C.
- n) Utensilios estériles (180°C/2 hrs.) para la preparación de muestras: abatelenguas, cucharas, cuchillos, espátulas, pinzas, tijeras.

##### 2.- Material de Vidrio.

- a) Cajas de Petri estériles de 100x15 mm.
- b) Frascos de vidrio con tapón de rosca de 200 a 250 ml.
- c) Frascos de vidrio estériles (180°C/2 hrs.) de la boca ancha de 200 y 250 ml. de capacidad,  $\pm 1\text{X}$  del volumen señalado después de la esterilización, y cerrados herméticamente.
- d) Pipetas bacteriológicas estériles de 10 y 1 ml. (graduadas en -- 0.1 y 0.01 ml. respectivamente) con tapón de algodón.
- e) Porta objetos de vidrio, lavados y desengrasados.
- f) Tubos de ensayo de 13 x 100 mm.
- g) Tubos de ensayo de 13 x 150 mm.
- h) Vasos de vidrio estériles para licuadora.

##### 3.- Medios de cultivo<sup>1</sup>.

- a) Agar citrato de Simmons.
- b) Agar levine con eosina y azul de metileno.

<sup>1</sup>Para el conocimiento de la formulación y preparación de cada medio de cultivo, consultar la referencia correspondiente (20).

- c) Agar papa dextrosa.  
 d) Agar rojo violeta y bilis.  
 e) Agar SS (Salmonella y Shigella).  
 f) Agar sulfito de bismuto.  
 g) Agar TSI (triple azúcar fierro).  
 h) Agar triptona extracto de levadura.  
 i) Agar verde brillante.  
 j) Agar XLD (xilosa lisina desoxicolato).  
 k) Caldo malonato.  
 l) Caldo manitol.  
 m) Caldo RM - VP (rojo de metilo - Voges Proskauer).  
 n) Caldo selenito cistina.  
 o) Caldo tetratiónato.  
 p) Caldo urea.  
 q) Medio SIM.
- a) Agar citrato de Simmons.- Se usa para diferenciar las bacterias entéricas Gram negativas, basándose en la utilización del citrato.
- b) Agar levine con eosina y azul de metileno.- Es un medio selectivo para la investigación y diferenciación de bacilos entéricos y microorganismos coliformes.
- c) Agar papa dextrosa.- Es un medio muy empleado en cultivos e identificación de hongos y levaduras.
- d) Agar rojo violeta y bilis.- Es un medio selectivo para la detección de coliformes. Los gérmenes Gram positivos son marcadamente inhibidos por las sales biliares y el cristal violeta que contiene. Las colonias de las bacterias fermentadoras de la lactosa son de color rosado. En ocasiones los cocos del contenido intestinal pueden desarrollarse en el medio; colonias pequeñas, puntiformes de color rosado.
- e) Agar Salmonella-Shigella.- Es un medio selectivo empleado para aislar Salmonella y Shigella. La inhibición de bacterias Gram positivas se obtiene por una mezcla de sales biliares.
- f) Agar sulfito de bismuto.- Es un medio altamente selectivo para aislar Salmonella typhi, así como otros bacilos entéricos.
- g) Agar triple azúcar fierro.- Es un medio diferente muy usado en la identificación de enterobacterias patógenas y saprófitas.
- h) Agar triptona extracto de levadura.- Es un medio rico en nutrientes, es ampliamente usado para el recuento microbiano. Es el agar para métodos estándar.
- i) Agar verde brillante.- Es un medio altamente selectivo empleado para aislar Salmonella (excepto S.typhi y Shigellas).
- j) Agar xilosa lisina desoxicolato.- Principalmente para el aislamiento de bacterias enteropatógenas, especialmente de los genes Shigella, Salmonella, Arizona.
- k) Caldo malonato.- Es un medio que ayuda a la identificación de enterobacterias.



- l) Caldo manitol.- Es un medio que sirve para la identificación de enterobacterias en las pruebas bioquímicas.
- m) Caldo RM - VP (rojo de metilo - Voges Proskauer).- Es un medio líquido empleado para efectuar las reacciones indicadas, de rojo de metilo y acetil-metil carbinol (Voges-Proskauer) del grupo Escherichia/Enterobacter.
- n) Caldo selenito cistina.- Es un medio selectivo para el aislamiento de Salmonella, Shigella o Arizona.
- o) Caldo tetratiónato.- Sirve también como medio selectivo en la identificación de enterobacterias.
- p) Caldo urea.- Se emplea para la identificación de bacterias, particularmente para diferenciar los miembros del género Proteus, de la Salmonella y Shigella.
- q) Medio SIM.- Es un medio semisólido usado rutinariamente en la diferenciación e identificación de cultivos puros de Enterobacterias y que detecta la producción de sulfuros, indol y movilidad de las mismas.

#### 4.- Reactivos y soluciones<sup>1</sup>.

- a) Aceite de inmersión.
- b) Agua peptonada.
- c) Fenol al 10%.
- d) Lugol.
- e) Reactivo de Kovac.
- f) Solución de ácido tartárico al 10%.
- g) Solución decolorante (Etanol 95% Acetona 1:1)
- h) Solución de cristal violeta.
- i) Solución de rojo de metilo.
- j) Solución de safranina.
- k) Solución de sulfato de cobre.
- l) Solución de verde brillante al 0.1%.
- m) Solución de yodo-yoduro.
- n) Solución reguladora diluyente.
- o) Solución salina al 0.85%.
- a) Aceite de inmersión.- Es una preparación especial de aceite de cedro. Desvía los rayos de luz que pasan a través de él con la misma intensidad que el vidrio. Así con el objetivo inmersión, la luz que se hace pasar a través del porta objetos corre en línea recta hacia las lentes delgadas del objetivo, sin la desviación que produciría el del aire. El aceite aumenta la apertura numérica de la lente, lo cual permite utilizar combinaciones de las lentes en estos objetivos que dan un aumento inicial aproximado a 100 veces.
- b) Agua peptonada.- Es un medio de pre-enriquecimiento para la identificación de enterobacterias.

<sup>1</sup>Para el conocimiento de la formulación de cada reactivo o solución, -- consultar la referencia correspondiente (12, 22).

- c) Fenol al 10%.— Se emplea por acción bactericida.
- d) Lugol.— Es la solución mordiente en la tinción de Gram.
- e) Reactivo de Kovac.— Se emplea para la identificación del indol, ya que algunos microorganismo lo producen a partir de triptófano.
- f) Solución de ácido tartárico al 10%.— Se añade al medio de papa dextrosa agar para obtener un pH aproximado de 3.5 y efectuar el recuento de hongos y levaduras después del tiempo de incubación adecuado.
- g) Solución de decolorante.— Se emplea para extraer al complejo cristal violeta-yodo en el caso de las bacterias Gram negativas, no siendo así en las Gram positivas.
- h) Solución de cristal violeta.— Las bacterias Gram positivas retienen este colorante debido principalmente, a la formación del complejo - cristal violeta-yodo y que a causa de la composición de sus paredes celulares, se deshidratan en presencia del alcohol-acetona, por consiguiente el tamaño de los poros disminuye, se reduce la permeabilidad y el complejo no se extrae.
- i) Solución de rojo de metilo.— Sirve para distinguir aquellos microorganismos que producen y mantienen una concentración alta en ácidos de aquellos que producen inicialmente una menor cantidad y que además son incapaces de atacar a estos mismos ácidos, volviendo el medio neutro o alcalino, como Enterobacter. Esta prueba de rojo de metilo se hace en el mismo medio de incubación de Voges Proskauer.
- j) Solución de safranina.— Es el colorante que retienen las bacterias Gram negativas pues el complejo de cristal violeta-yodo formado, se extrae con el alcohol-acetona, debido a que sus paredes celulares tienen un contenido graso muy elevado y con el alcohol se extraen las grasas aumentando así la porosidad o permeabilidad de estas paredes.
- k) Solución de sulfato de cobre.— Se emplea para la prueba de Voges Proskauer, ya que muchos organismos forman acetofina (acetil-metil-carbinol) 2, 3-butanodiol o diacetilo a partir de glucosa. La demostración se efectúa con ayuda del reactivo que utilizó Leifson (sulfato de cobre). Además en medio muy alcalino la acetofina y el 2, 3-butanodiol se oxidan a diacetilo produciendo con los iones cobre y otros compuestos una coloración roja positiva.
- l) Solución de verde brillante al 0.1%.— Se añade al caldo tetratiónato para que sea un medio de enriquecimiento más selectivo.
- m) Solución de yodo-yoduro.— Se añade también al caldo tetratiónato para hacerlo más específico en cuanto a que sea un medio de enriquecimiento para Enterobacterias. Una vez adicionada esta solución al medio no debe calentarse y debe usarse el mismo día pues de lo contrario habrían oxidaciones que alterarían la viabilidad de las bacterias.
- n) Solución reguladora diluyente.— También se le llama solución de fosfato y se emplea para la dilución de todas las muestras, que posteriormente se sembrarían en medios selectivos y se hará el recuento de los microorganismos según se requiera el caso.
- o) Solución salina al 0.85%.— Sirve para hidratar los antisueños.

## 5.- Antisueros.

- a) Antisuero polivalente de Escherichia coli grupo B.
- b) Antisuero polivalente de Salmonella de los grupos A hasta I más VI.
- c) Antisuero polivalente de Salmonella flagelar (H).
- d) Antisuero polivalente de Salmonella somático (O).

Se aplican criterios serológicos para determinar la presencia de Salmonella y E.coli. Las reacciones serológicas del cultivo prueba son necesarias para completar la información obtenida de las pruebas bioquímicas.

## B.- Métodos.

### 1.- Muestreo y transporte (27).

Se tomaron todas las muestras necesarias desde antes de iniciar el proceso y en cada paso subsiguiente, para verificar cómo está actuando la determinada operación que se le aplica al cascarón de huevo, de manera que se obtenga un producto libre de gérmenes patógenos y apto para el consumo de los animales y del ser humano.

La técnica de recolección de una muestra para análisis microbiológico establece una serie de precauciones y condiciones que deben ser observadas a fin de obtener resultados significativos:

- a) Se utilizaron recipientes limpios y estériles (en autoclave a -- 121°C durante 20 min. o en estufa a 180°C durante 30 min.).
- b) El recipiente se abre justamente lo necesario para introducir la muestra y se cubre rápido con su tapa y el papel aluminio.
- c) Es recomendable identificar claramente la muestra mediante rótulo o etiqueta.
- d) Para coleccionar una porción se retirará de diferentes localidades por medio de la técnica del cuarteo, en la cual se rechazan los dos cuartos opuestos y se mezclan los otros dos repitiendo el proceso hasta que se obtiene la cantidad de muestra apropiada (Fig. 5).
- e) Se recomienda no mezclar en el mismo recipiente porciones que -- muestren alguna alteración, aún pequeña, con porciones regulares.
- f) En el caso de que las muestras se necesiten transportar al laboratorio para ser analizadas, se mantienen en hielo o en congelación y se tratará de acortar al máximo el tiempo entre la recolección y el análisis.

### 2.- Tamaño de la muestra.

El tamaño muestral se establecerá sobre la base de un análisis estadístico al tomar en cuenta la "Tabla de límites de precisión y confiabilidad especificados para cantidades muestrales" (35).

Para seleccionar muestras representativas se tomará como universo potencial la cantidad de cascarón que se desecha diariamente al uti-

lizar las dos máquinas quebradoras.

Se quiebran aproximadamente 1040 cajas con 360 huevos cada una, por lo tanto son 374,400 huevos. Pero como cada caja pesa aproximadamente 22kg. entonces con 22,880kg. de huevo que pasaran a las máquinas quebradoras; y para obtener la cantidad de cascarón (que contiene clara adherida), que se desperdicia, basta con considerar el porciento a éste, el cual es: 12.609<sup>1</sup>. Por consiguiente, la merma máxima de ese producto es de 2,884.939.2 g. durante todo un día y con las dos máquinas quebradoras en un turno será de 1,442,469.6 g.

A fin de tener una precisión de  $\pm 5\%$  y con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{1 + N e^2}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra.

N= Universo potencial.

e= error.

n= ?

N= 1,442,469.6

e= 0.05

$$n = \frac{1,442,469.6}{1 + (1,442,469.6) (0.05)^2}$$

$$n = 399.889$$

Por lo tanto, el peso de cada muestra de cascarón de huevo corresponderá a 400g.

3.- Preparación y dilución de la muestra para el conteo de microorganismos. (22).

Para realizar los análisis microbiológicos se tomaran los 400g. de cascarón que es el tamaño muestral y se molerán en un mortero estéril, hasta formar partículas homogéneas. De aquí se toman 10 g. y se llevan a un frasco que contiene 90 ml. de solución reguladora diluyente estéril. Se continúan las diluciones con el mismo diluyente hasta donde sea conveniente (Fig. 6).

La selección de las diluciones que se vayan a preparar y de aquéllas que se vayan a inocular dependen del número esperado de microorganismos en la muestra con base a los resultados de análisis previos.

En el análisis inicial, o sea antes de que el cascarón sufriera algún tipo de proceso, se carecía de información sobre la cantidad de

<sup>1</sup>Valor obtenido experimentalmente.

microorganismos presentes, por consiguiente se trabajaría con las seis diluciones e inoculaciones. Al irse sometiendo a las diferentes operaciones durante el proceso disminuyen las diluciones.

**Recomendaciones:**

- Utilizar pipetas diferentes para cada dilución inoculando simultáneamente las cajas que se hayan seleccionado. El volumen que se transfiera nunca debe ser menor de 10% de la capacidad total de la pipeta.
- Mientras se afora el líquido en la pipeta, la punta de ésta debe aplicarse en el interior del cuello del frasco y mantenerse en posición vertical, para lo cual este último debe inclinarse lo necesario.
- Para aspirar el líquido de las muestras con la pipeta, sumergir ésta lo menos posible al realizar la operación.
- Cada frasco con diluyente que se inocule debe agitarse siempre de la misma manera 25 movimientos de abajo a arriba en un arco de 30 cm. completamente en 7 segundos, o cualquier otro que conduzca al mismo resultado.

Finalmente se transfiere la muestra y/o cada una de las diluciones a las cajas Petri, para el recuento en placa vaciándose el medio deseado aproximadamente 20 ml. y se mezclan con movimientos rotatorios (6 de derecha a izquierda, 6 en el sentido de las manecillas del reloj, 6 en sentido contrario y 6 de atrás hacia adelante), en una superficie horizontal dejándose solidificar e incubándose en posición invertida a la temperatura y tiempo que el medio lo requiera.

La preparación y dilución de muestra que se acaba de mencionar es aplicable para:

- a) Cuenta de bacterias mesofílicas aerobias.
- b) Cuenta de organismos coliformes.
- c) Cuenta de hongos y levaduras.

**4.- Análisis.**

Como ya se mencionó anteriormente se realizarán análisis durante los pasos que sufra el cascarón de huevo en el proceso, incluyéndose un análisis inicial, otro del producto final y en el almacenamiento.

Los análisis que se harán a todas las muestras, serán por duplicado y son los siguientes (12,22).

- a) Cuenta de bacterias mesofílicas aerobias.
- b) Cuenta de organismos coliformes.
- c) Cuenta de hongos y levaduras.
- d) Investigación de Enterobacterias: Salmonella, E.coli, Shigella y Arizona.

a) Cuenta de bacterias mesofílicas aerobias. Las bacterias mesofílicas aerobias son microorganismos que crecen en presencia de oxígeno y entre 25° y 40°C. Cuando se pretende investigar el contenido de microorganismos vivos en un alimento (en este caso el cascarón de huevo), la técnica más comunemente utilizada es el recuento en placa. Se aplica a gran variedad de microorganismos y su fundamento consiste en contar las colonias que se desarrollan en el medio de elección después de cierto tiempo y temperatura de incubación, presuponiendo que cada colonia proviene de un microorganismo en la muestra.

a.1) Procedimiento. Los pasos a seguir son:

- Limpiar el área de trabajo con fenol al 10%.
- Trabajar con mechero encendido y cerca de él.
- Marcar las cajas incluyendo número de muestra, tipo, fecha y número de dilución en la tapa.
- Se practica el número de diluciones, según sea el tratamiento al que se ha sometido nuestra muestra.
- Sembrar cada dilución escogida por duplicado, o sea se transfiere 1ml. de la muestra de cada dilución en cajas de Petri estériles, evitando todo tipo de contaminación durante la maniobra.
- Agregar aproximadamente 18 ml. de medio ATE fundido a una temperatura de 45°C.
- Mezclar con movimientos rotatorios sobre una superficie lisa y horizontal.
- Dejar solidificar aproximadamente 20 min.
- Incubar las cajas en posición invertida en un horno a 35°C durante 48 hrs.
- Por cada borella (aprox. 250 ml.) de medio ATE preparado se incuba un testigo o sea, se vacían los 18 ml. de medio en una caja de Petri pero sin inóculo y se incuba de igual forma, para ver si el medio no está contaminado.

a.2) Cuenta:

- Después del tiempo de incubación seleccionar las cajas donde aparezcan entre 30 y 300 colonias, pues es en ellas donde será menor el error en el recuento. Si el número se estima mayor de 300 y no se dispone de cajas preparadas con las diluciones subsiguientes, contar en la mitad o en un cuarto representativo de ésta y multiplicar el número de colonias por 2 ó 4, aclarando en los resultados que hubo más de 300 colonias en la dilución que se trate.
- Se cuentan todas las colonias desarrolladas excepto las de hongos, pero se incluyen las puntiformes. El conteo se hace con ayuda del contador Quebec o similar.
- Si la placa correspondiente a la primera dilución es la única que presenta colonias y éstas son menos de 10, informar el número de colonias seguidas de la frase: "en la dilución 1:10".

- Si todas las placas: 1) no muestran colonias, 2) muestran excesiva di fusión de las mismas, 3) están contaminadas o no son satisfactorias - por cualquier motivo; anotar respectivamente: 1) sin colonias, 2) colonias difusas, 3) inconcluyente por accidente de laboratorio.
- Para obtener el número de microorganismos por gramo de cascarrón de -- huevo, se multiplica el número de colonias por el inverso de la dilución que se empleó.
- Redondear la cifra obtenida en el recuento de manera que sólo aparezcan dos dígitos significativos al inicio de esa cifra.
- Informar: "Cuenta de bacterias mesofílicas aerobias en placas de agar triptona extracto de levadura incubadas 48 hrs. a 35°C".

b) Cuenta de organismos coliformes. En este grupo de microorganismos se incluyen bacilos cortos, Gram negativos, aerobios no esporulados que fermentan la lactosa con producción de gas y acidéz dentro de 48 hrs. cuando se incuban entre 32 y 35°C; dentro de esta definición se incluye el grupo coliforme fecal, cuya diferencia radica en que al fermentar la lactosa con producción de gas y ácido, puede hacerlo al ser incubado a 44.5°C durante 48 hrs. Una variedad de bacterias, muy abundantes y siempre presentes en la materia fecal del hombre y animales su periores satisfacen estas definiciones; también pertenecen a los coliformes ciertas bacterias propias del suelo y de los vegetales.

La demostración y el recuento de organismos coliformes puede realizarse mediante el empleo de medios sólidos como el agar-bilis-rojo-violeta ya que su facilidad de operación y economía nos da resultados positivos en nuestra muestra donde se espera un número mas bien alto.

En la identificación de microorganismos calificados de coliformes en las placas de agar-bilis-rojo-violeta durante el análisis de la muestra, hay que tomar en cuenta diversos hechos que conducen a falsos positivos por ejemplo:

- Si el alimento es un producto que contiene mono o disacáridos en concentración importante, éstos pueden ser fermentados por algunos micro organismos presentes, distintos a los coliformes, y generar para ello colonias semejantes aparentemente fermentadoras de la lactosa, no siendo nuestro caso.
- El sobrecalentamiento del medio y defectos en las condiciones de incu bación (especialmente incubaciones prolongadas) pueden facilitar al desarrollo de colonias rojas por especie de cocos Gram positivos.

b.1) Procedimiento. Se siguen los mismos pasos que para la cuenta meso fílicas aerobios, sólo que habrá pequeñas variaciones:

- También se practican el número de diluciones, pero en general se utiliza un valor más bajo de la dilución que su correspondiente en mesofílicas aerobios.
- Agregar de 12 a 15 ml. de medio agar-rojo-violeta-bilis fundido y man tenido entre 44° y 46°C. Mezclar correctamente.

- Si fuera necesario inocular las cajas con un volumen mayor de 1 ml. (pueden usarse hasta 3.3 ml. de muestra para 15 a 20 ml. de medio) o alternativamente incluir más de una caja inoculada cada una con 1 ml. a fin de poner en evidencia colonias de coliformes cuando su número fuera muy reducido en la muestra: 3 placas conteniendo cada una 3.3ml. de la dilución 1:10 permitirán examinar la muestra de 1g.
- Después de dejar solidificar la muestra sobre una superficie plana y horizontal, agregar 4 ml. del mismo medio de cultivo extendiéndolo para cubrir completamente la superficie.
- Dejar solidificar e incubar las cajas en posición invertida durante  $24 \pm$  horas, de  $32^{\circ}$  a  $35^{\circ}\text{C}$ , tomar en cuenta que debe hacerse un duplicado.
- De igual forma, preparar e incubar un testigo con el agar-rojo-violeta-bilis.

#### b.2) Cuenta:

- Seleccionar aquellas placas donde aparezcan entre 30 y 300 colonias, pues es en ellas donde será menor el error en el recuento. Ayudarse con el contador Quebec o similar.
- Contar todas las colonias desarrolladas en las placas seleccionadas, incluyendo las puntiformes. Hacer uso del microscopio para resolver los casos en los que no se pueden distinguir las colonias de pequeñas partículas de alimento.
- Las colonias de coliformes son de color rojo oscuro y para este tipo de muestra pueden o no presentar halo de precipitación y diámetro de 0.5mm, o mayor.
- Las colonias de ciertas formas de cocos a veces producen colonias semejantes en color y tamaño a los coliformes, aunque sin halo.
- Para obtener el número de coliformes por gramo de muestra se multiplica el número de colonias por el inverso de la dilución que se empleó.
- Reportar: "cuenta de organismos coliformes en placas de agar-rojo-violeta-bilis incubadas 24 horas a  $35^{\circ}\text{C}$ ."

c) Cuenta de hongos y levaduras. Los hongos se encuentran distribuidos ampliamente en la naturaleza, en la tierra y en el polvo; las levaduras se desarrollan con facilidad en los utensilios que no han sido lavados principalmente en industrias de carbohidratos.

El objetivo principal de investigación en el laboratorio es descubrir las fuentes de contaminación y la defectuosa conservación del producto. En general su número se asocia a deficientes prácticas higiénicas de fabricación y almacenamiento.

Simultáneamente con el recuento de hongos puede realizarse el de levaduras, ya que el medio de cultivo le proporciona también buenas condiciones para su multiplicación. Lo recomendable es preparar una doble serie de diluciones e incubar una a  $35^{\circ}\text{C}$  de 24 a 48 horas, lo que permite desarrollar a las levaduras cuando los hongos aún no cubren las pla-



cas y la otra incubarla a temperatura ambiente (22° a 26°C) durante cinco días.

c.1) Preparación. Se siguen las mismas recomendaciones y se preparará igual la muestra con sus respectivas diluciones, que en la cuenta de mesofílicos aerobios.

Dependiendo del tratamiento que se le dé a nuestra muestra de casarón será la dilución que se escoja para inocular, pero en general se eligen las dos primeras.

- De cada dilución colocar 1 ml. por duplicado en cajas de Petri y agregar de 15 a 18 ml. de agar-papa-dextrosa acidificado (una vez acidificado el medio no puede volverse a calentar), fundido y mantenido entre 45° y 48°C.
- Homogeneizar con movimientos rotatorios y dejar solidificar.
- Incubar una serie de placas a 22°C durante cinco días y la otra serie a 35°C durante 48 horas. Aunque también dan resultados satisfactorios incubando a 28°C todas las placas, sólo que a las 48 horas se leen las levaduras y a los cinco días o antes los hongos.

c.2) Cuenta:

- Contar las colonias de hongos en la serie incubada a los 22°C y las colonias de levaduras en la serie incubada a los 35°C así como en la incubada a los 22°C.
- Multiplicar por la inversa de la dilución e informar "Cuenta de hongos en placas agar-papa-dextrosa acidificada e incubada durante cinco días a 22°C" y "Cuenta de levaduras en placas de agar-papa-dextrosa acidificada e incubada durante 48 horas a 35°C o cinco días a 22°C" (según el caso en el cual sea el recuento más elevado). Se reporta por gramo de muestra.

d) Investigación de Enterobacterias: Salmonella, E.coli, Shigella, Arizona. La familia de las Enterobacteriaceas pertenecen géneros como: Escherichia, Aerobacter, Klebsiella, Paracolibacterium, Erwina, Serratia, Proteus, Salmonella y Shigella. Son bacterias bacilares no esporógenas, -- Gram negativas, que crecen bien en medio de cultivo artificiales. Los cuatro primeros géneros son saprófitos importantes en bacteriología de los alimentos y los tres últimos constituyen principalmente gérmenes patógenos. Las bacterias coliformes son bacilos cortos y se definen como: "todos los aerobios y anaerobios facultativos, Gram negativos, no forman esporas, fermentan la lactosa con formación de gas". Las dos especies más importantes son Escherichia coli y Aerobacter aerogenes. Debido a que E.coli se considera principalmente de origen intestinal, mientras que A. aerogenes suele proceder generalmente de vegetales, se ha estudiado bastante el modo de diferenciarlas. E.coli produce más ácido en caldo glucosado, lo que se aprecia en el indicador rojo de metilo, forma indol pero no acetoina (acetilmetilcarbinol) produce dióxido de carbono e hidrógeno en la proporción 1:1, y no puede aprovechar el citrato como fuente única de carbono. Fermenta los azúcares, dando ácido láctico, alcohol etílico, ácido acético, ácido succínico, dióxido de carbono e hidrógeno.

Shigella.- Algunas de estas especies que determinan disenterías bacilares son transportadas por los alimentos.

Arizona.- Es un microorganismo que se reconoce como un patógeno en términos semejantes a las Salmonellas.

Las Salmonellas son bacilos Gram negativos no esporulados, fermentan la glucosa, generalmente produce gas, no fermentan la lactosa ni la sacarosa. Se les clasifica de acuerdo a sus propiedades antigénicas (aproximadamente hay 1,500 serotipos). Crecen en un margen amplio de temperaturas, pH y aun cuando el medio de cultivo es bueno. Los tratamientos térmicos que se recomiendan para la destrucción de la Salmonella en alimentos alterables son: calentamiento a 66°C, manteniendo todas las partes del alimento a esa temperatura durante 12 minutos ó 60°C de 78 a 83 minutos.

La técnica que se describirá a continuación es básicamente para el aislamiento de Salmonella pues no se recomienda un sólo medio de cultivo ya que se puede ver acompañada o enmascarada por el ingreso de otros microorganismos. Pero también por medio de esta técnica podemos aislar otro tipo de enterobacterias patógenas, ya que sólo nos interesa identificarlas en nuestra muestra de cascarón de huevo, más no se desea conocer la cantidad, como generalmente se hace con E.coli en la técnica del "Número Más Probable".

d.1) Procedimiento. Existe una gran diversidad de medios de cultivo -- técnicas de pre-enriquecimiento y enriquecimiento, y sugiere diversos volúmenes de muestra para realizar el análisis. Pero como se acaba de mencionar, se seguirá la técnica para aislar e identificar las enterobacterias patógenas que nos interesan.

La metodología general incluye una sucesión de etapas:

- d.1.1) Pre-enriquecimiento o enriquecimiento no selectivo.
- d.1.2) Enriquecimiento en medios selectivos.
- d.1.3) Aislamiento en medios de agar selectivos.
- d.1.4) Identificación presuntiva mediante pruebas bioquímicas.
- d.1.5) Identificación serológica.

d.1.1) Pre-enriquecimiento.- Su propósito es facilitar a las enterobacterias presentes en la muestra de cascarón, una recuperación del estado en el que se encuentra.

En esta técnica se utilizará agua peptonada, procediéndose de la siguiente manera:

- Preparar asépticamente una muestra representativa del cascarón de huevo, moliéndola en mortero estéril.
- Mantener el mechero encendido con previa limpieza del área de trabajo.

- Pesar 25g. de muestra y transferirlos a un frasco que contenga 225 ml. de agua peptonada. Agitar.

- Incubar a 35°C durante 24 horas.

d.1.2) Enriquecimiento.- Estos medios contienen sustancias inhibitoras y pretenden, por una parte la multiplicación de las enterobacterias que buscamos y por otra impedir la de la flora asociada; pero diversos factores en un sentido u otro pueden afectar a su selectividad. Dos grupos de medios de enriquecimiento han sido utilizados con mayor profusión: el grupo del caldo tetrationato y el del caldo selenito.

- Después de incubar el agua peptonada, transferir 1 ml. de esta suspensión a un tubo que contenga caldo selenito y cistina (10 ml.) y otro mililitro a un tubo que contenga también 10 ml. de caldo tetrationato (no olvidar añadir el yodo antes).

- Homogeneizar.

- Incubar a 35°C durante 24 horas.

d.1.3) Aislamiento en medios de agar selectivos.- Este estudio hace el uso de medios sólidos, los que por otra parte mantienen un efecto inhibitorio sobre la flora asociada, e imparten características diferenciales a las colonias, con respecto a las de otros gérmenes. Ciertas características le dan preferencia a uno y otro medio, pero el análisis más correcto incluye el empleo de dos medios uno moderado y otro fuertemente selectivo.

Esta técnica se realiza de la siguiente manera:

- Inocular a partir de cada uno de los medios de enriquecimiento, dos placas de los medios sólidos elegidos, como mínimo, de manera que puedan obtenerse colonias bien aisladas para su identificación posterior. El aislamiento se realiza con ayuda del asa de platino, doblada en su extremo en círculo y sembrando por estría.

- Incubar a 35°C durante 24 horas.

Los cultivos para identificar las colonias sospechosas son:

- Agar EMB según Levie (agar eosina-azul de metileno-lactosa). Las características que presentan las Enterobacterias en este medio son las siguientes:

Escherichia coli: Da 2 a 3 mm. de diámetro, con brillo metálico verde so en luz reflejada y centro oscuro hasta negro en la luz refractada.

Salmonella y Shigella: Transparentes, ambarinas.

- Agar SS (Agar para Salmonella y Shigella). Las colonias se presentan: Shigellas y la mayoría de las Salmonellas: Incoloras o ligeramente rosa, transparentes; ocasionalmente opacas. Algunas cepas dan colonias con centro negro.

E.coli: Colonias pequeñas de rosa a rojo. Las colonias presentan:

- Agar XLD (agar xilosa - lisina - desoxicolato).

E.coli, Enterobacter, Aeromonas: Amarillas con alrededores amarillos, opacas, con halo de precipitado.

Salmonella: Con el color del medio de cultivo, transparentes, a veces con el centro negro.

Salmonella typhi: Anaranjadas, ligeramente opacas.

Shigella, Providencia, Pseudomonas: Con el color del medio de cultivo, transparentes.

- Agar Verde Brillante - rojo de fenol-lactosa-sacarosa. (Agar BPLS).

Las colonias se presentan:

Salmonella: Lactosa-negativas, de rosa a incoloras, rodeadas de medio enrojecido; translúcidas y opacas; en la proximidad de coliformes aparecen verdosas.

E.coli, Citrobacter, Prot. vulgaris, Serratia: Lactosa positivos a sacarosa positivos, son verde amarillentas, con halo verde-amarillento; aunque no obstante, ocasionalmente hay inhibición total.

- Agar-bismuto-sulfito. Los siguientes signos característicos de las colonias sirven para la diferenciación:

Salmonellas, con excepción de S. paratyphi A y S. pullorum: Centro negro, borde claro, precipitado negro con brillo metálico alrededor de las colonias ("ojo de conejo" o "de pez") Bacterias coliformes, Serratia, Proteus (más o menos inhibidas, sólo ocasionalmente presentes); ipe pueñas, verdes y pardas, algunas veces mucosas.

Shigella: Inhibidas pero algunas café con centro deprimido y bordes elevados.

d.1.4) Identificación presuntiva mediante pruebas bioquímicas.- La identificación presuntiva de las colonias de Enterobacterias, desarrolladas en las placas se efectúan mediante la aplicación de pruebas bioquímicas en medios de cultivo que llevan incorporado un sistema sencillo o múltiple de indicadores y ningún elemento restrictivo para la multiplicación bacteriana. Las inoculaciones han de efectuarse a partir de un cultivo puro de microorganismos.

Los medios que se utilizaran para las pruebas bioquímicas son los siguientes:

- Agar TSI (Agar hierro y tres azúcares). Para inocular se utiliza el asa recta, ésta se aplica sobre la colonia seleccionada (evitar contaminación) y se transfiere el inóculo en un tubo con TSI por estría y picadura. Incubar a 35°C durante 24 horas.

- Agar citrato de Simmons.- El modo de actuar se basa en la degradación de citrato que produce una alcalinización del medio, que se reconoce por un viraje de color azul oscuro del indicador de pH azul de bromotimol.

Se siembra por estría en superficie y se incuba de 24 a 48 horas a 37°C.

- Medio SIM.- Es un medio de cultivo de diferenciación, para probar la formación de sulfuro, de indol y la motilidad; dentro del margen de diagnóstico de las Enterobacterias.

El cultivo se siembra con asa, por el procedimiento de picadura, en la capa superior del medio de cultivo solidificado. La incubación se efectúa a 37°C de 18 a 24 horas.

- Caldo RM-VP (caldo-rojo de metilo según Voges y Proskauer). Se utiliza particularmente para la diferenciación dentro del grupo coli-aerógenos.

Se inocula el cultivo puro en un tubo que contiene Caldo de RM-VP. Incubar 48 horas a 35°C para VP y 96 horas para la prueba de RM.

- Para la prueba de V-P, transferir a un tubo 1 ml. del cultivo de 48 horas, añadir 5 ml. de la solución de sulfato de cobre y una coloración roja indica prueba positiva y si no hay cambio al cabo de unos minutos es negativo.
- Prueba RM, el cultivo restante con 96 horas de incubación se le añaden 5 gotas de solución indicadora rojo de metilo. Una coloración de anaranjado a rojo es positiva y una coloración de anaranjado a amarillo es negativa.
- Caldo manitol. Este medio diferencial basa su modo de actuar en el viraje del indicador rojo de fenol a amarillo con un pH ácido lo cual indica una prueba positiva y cuando no hay cambio de color es una prueba negativa.

Se inocula con el asa un tubo que contiene caldo manitol y se incuba durante 48 horas a 35°C.

- Caldo de malonato.- Este medio de cultivo para ensayo demuestra la oxidación de malonato. La incubación se efectúa a 37°C de 16 a 20 horas.

La prueba positiva es azul y la negativa es verde.

- Caldo urea.- Es un medio de cultivo fluido, para la demostración microbiana de ureasa. Un viraje de amarillo a rojo-púrpura del indicador de pH rojo de fenol, indica una prueba positiva.

El medio de cultivo sembrado se incuba a 37°C y a ser posible, se inspecciona al cabo de 8, 12, 24 y 48 horas.

Los resultados obtenidos en las bioquímicas se llevan a la tabla correspondiente a "Diferenciación de Enterobacteriaceas mediante pruebas

bioquímicas" (22), se observa de qué microorganismos se trata, o bien - si el germen sospechoso está o no presente.

d.1.5) Identificación serológica.- Con los antisueros específicos para cada grupo; se tomará un inóculo del medio TSI y se colocará sobre un porta-objetos que contiene una gota del antisuero específico, se mezclará con el asa y la presencia de aglutinación indicará que es positiva la identificación del microorganismo buscado, confirmando así su presencia en la muestra. Se debe incluir una suspensión control preparada de la misma forma, con un ambiente de trabajo cercano al mechero; adicionando suero fisiológico en lugar del antisuero. Para que el ensayo tenga validez no debe aparecer aglutinación en la segunda gota. Se debe observar con buena iluminación y fondo oscuro la formación de grumos.

MATERIAL Y METODOS PARA EL ANALISIS FISICOQUIMICO

## IV.- MATERIAL Y METODOS PARA EL ANALISIS FISICOQUIMICO.

## A.- Material.

## 1.- Equipo e instrumentos.

- a) Balanza analítica con sensibilidad de 0.1 mg.
- b) Balanza granataria con sensibilidad de 0.1 g.
- c) Baño maría o de vapor.
- d) Bomba de vacío.
- e) Compactador mecánico con registro de velocidad.
- f) Equipo de destilación Kjeldahl.
- g) Equipo de digestión Kjeldahl.
- h) Horno eléctrico con control de temperatura.
- i) Mecheros Bunsen.
- j) Molino manual o mecánico.
- k) Mufia con control de temperatura.
- l) Otros: algodón, anillo, cartucho de extracción Soxhlet (tamaño - adecuado), espátula, lana de vidrio, papel filtro sin cenizas, para filtro Whatman No. 44, papel pH, papel tornasol, tela de algodón o lino (20 hilos por cm).
- m) Parrillas eléctricas con control de temperatura.
- n) Pinzas para crisol y buretas.
- o) Potenciómetro.
- p) Probeta de plástico 100 ml.
- q) Tamices (40, 60, 80 y 100, 120, 150).
- r) Termómetro (-10 a 200°C).
- s) Tripies.
- t) Soporte universal.
- u) Vibrador mecánico.

## 2.- Material de vidrio.

- a) Buretas de 10 ml., 25 ml. y 50 ml.
- b) Cápsulas de porcelana (con tapa de 5cm. de diámetro).
- c) Crisol de Gooch.
- d) Crisol de porcelana con tapa.
- e) Desecador.
- f) Embudos de cola corta y cola larga.
- g) Embudo de Buchner con tapa filtrante.
- h) Extractor Soxhlet.
- i) Frasco ambar 1000 ml.
- j) Matraz de bola de 250 ml. para Soxhlet.
- k) Matraces Erlenmayer de 250 ml. y 500 ml.
- l) Matraz Kitasato.
- m) Matraces Kjeldahl 800 ml.
- n) Matraces volumétricos 250 ml. y 1000 ml.
- o) Mortero de porcelana.
- p) Perlas para ebullición o pedazos de vidrio poroso.



- q) Pipetas de 1, 5 y 10 ml.
- r) Pipetas serológicas de 1 y 10 ml.
- s) Probetas de 50 y 100 ml.
- t) Refrigerante de bolas para Soxhlet.
- u) Refrigerante de reflujo.
- v) Vasos de precipitado de 100, 500 y 2000 ml.
- w) Vidrio de reloj.
- x) "y" de vidrio.

### 3.- Reactivos y soluciones.

Los reactivos que a continuación se mencionan deben ser grado - analítico a menos que se indique otra cosa. Cuando se hable de agua - debe entenderse por agua destilada o desmineralizada.

- a) Acido acético 1:2.
- b) Acido acético glacial.
- c) Acido bórico al 2%.
- d) Acido clorhídrico 0.1N, 1%, 1:3, 2N, 5N y concentrado.
- e) Acido sulfúrico 1.25%, 1:9 y concentrado.
- f) Alcohol etílico neutro 95%.
- g) Amoníaco en solución 1:2.
- h) Anaranjado de metilo 0.01% y 0.1%.
- i) Antiespumante o alcohol octínfilico.
- j) Asbesto digerido.
- k) Bromocresol al 0.05% en solución alcohólica.
- l) Cinc granulado.
- m) Eter dietílico.
- n) Eter etílico anhidro.
- o) Fenolftaleína al 1% en alcohol etílico al 95%.
- p) Hidróxido de sodio 1.25%.
- q) Hidróxido de sodio 1:1.
- r) Hidróxido de sodio al 5%.
- s) Oxalato de amonio (disolución saturada).
- t) Permanganato de potasio 0.05N.
- u) Rojo de metilo.
- v) Solución amortiguadora pH = 7
- w) Solución amortiguadora pH = 9
- x) Sulfato de cobre pentahidratado.
- y) Sulfato de sodio anhidro.
- z) Shidro Tashiro (indicador). Disolver 0.2 g. de rojo de metilo en 60 ml. de alcohol etílico y aforar a 100 ml. con agua. Disolver 0.2 g. de azul de metileno y aforarlos a 100 ml. con agua. Mezclar dos partes de rojo de metilo y una de azul de ma tileno.

### B.- Métodos para el análisis bromatológico (2.27).

#### 1.- Humedad.

- a) Preparación de la muestra.- Para coleccionar la muestra se tomará de diferentes localidades por la técnica del cuarteo, en la cual se -

rechazan los dos cuartos opuestos y se mezclan los otros dos repitiendo el proceso hasta que se obtiene la cantidad apropiada. El tamaño muestral se establece igual que para el análisis microbiológico.

La muestra debe pasar a través de un molino manual o mecánico y se homogeneiza en un mortero para guardarla después en un frasco de vidrio bien cerrado.

b) Procedimiento.- Pesar de 2 a 3 g. de cascarón en la balanza analítica en una cápsula previamente puesta a peso constante (20 minutos a 110°C). Colocar la cápsula con la muestra en la estufa y horno entre 100 y 110°C durante 3 horas.

Transferir la cápsula al desecador y dejar enfriar a la temperatura ambiente. Pesar.

Repetir el procedimiento indicado hasta obtener peso constante (la diferencia máxima permisibles es de 0.1%).

c) Cálculos.

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{(P - P_1)}{P_2} \times 100$$

En donde:

P = peso del recipiente con la muestra húmeda, en gramos.

P<sub>1</sub> = peso del recipiente con la muestra seca, en gramos.

P<sub>2</sub> = peso de la muestra, en gramos.

2.- Cenizas (2,27).

a) Preparación de la muestra.- Se procederá igual que en el caso de humedad.

b) Procedimiento.- Se pesan de 3 a 5 g. de cascarón en un crisol-- puesto previamente a peso constante (se calienta el crisol en la llama del mechero Bunsen durante un minuto se pasa a un desecador para su enfriamiento y se pesa). La muestra ya en el crisol se quema lentamente con la llama del mechero hasta que ya no se desprendan humos, para evitar que se proyecte cascarón fuera del crisol se colocan la tapa (puesta también a peso constante). Después se lleva el crisol a la mufla para efectuar la calcinación completa. Suspender el calentamiento cuando se obtienen cenizas blancas o grises; si se obtienen cenizas con puntos negros se les añaden unas gotas de agua destilada y se vuelve a calcinar. Se enfría en el desecador y se pesa.

c) Cálculos.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(P - P_1)}{M} \times 100$$

- p = Masa del crisol con las cenizas, en gramos.  
 $P_1$  = Masa del crisol vacío (incluye tapa), en gramos.  
 M = Masa de la muestra, en gramos.

Indicar tiempo y temperatura de calcinación.

3.- Grasa cruda por el método de Soxhlet (2.27).

- a) Preparación de la muestra.- Se procederá igual que para humedad.  
 b) Procedimiento.- Transferir de 2 a 5 g. de cascarón exactamente pesado, en un cartucho o papel filtro también pesado. Colocar el cartucho y la muestra cubierta con un poco de algodón, en el extractor Soxhlet (Fig. 7).

Por otro lado, se pesa un matríz redondo de 250 ml. con piedras porosas, que se ha llevado a peso constante (horno entre 100 y 110°C). Ajustar el matríz en la parte inferior del Soxhlet y colocar el refrigerante de bolas.

Añadir éter etílico anhidro por el extremo del refrigerante en cantidad suficiente para tener 2 a 3 descargas del extractor (agregar 2 cargas y la tercera se deja en el Soxhlet toda la noche para que cubra la muestra), aproximadamente 80 ml.

Hacer circular el agua por el refrigerante y calentar utilizando parrilla con control de temperatura además de un baño de vapor, hasta que se obtenga una frecuencia de 2 gotas por segundo. Para evitar la rápida evaporación de éter etílico, colocar un algodón humedecido en el embudo por donde se añadió el solvente al extractor; además rodear el refrigerante con hielo.

Efectuar la extracción de 6 a 8 horas o durante toda la noche reposando. Suspender el calentamiento y se hace la prueba para ver si ya se extrajo toda la grasa: quitar el extractor del matríz y dejar caer una gota de éter a un vidrio de reloj, si al evaporarse el éter se observa una mancha de grasa, volver a ajustar el extractor y continuar. Si ya no queda residuo de grasa, quitar el Soxhlet y se procede a evaporar el éter de matríz redondo, utilizando baño de vapor, evitando que suba la temperatura a más de 60°C. Finalmente se lleva el matríz a la estufa a 100°C hasta peso constante.

c) Cálculos.

$$\% \text{ de extracto etéreo} = \frac{(p - P_1)}{M} \times 100$$

En donde:

- p = masa en gramos del matríz con grasa.  
 p<sub>1</sub> = masa en gramos del matríz sin grasa.  
 M = masa en gramos de la muestra.

Indicar tiempo y temperatura.

4.- Proteinas. Método de Kjeldahl (2,27).

- a) Preparación de la muestra.- Se procederá igual que para humedad.  
 b) Procedimiento.- Determinar la masa, en una balanza analítica, de 5 g. de cascarón y pasarla cuantitativamente a un matríz Kjeldahl, añadirle 2 g. de sulfato de cobre, 10 g. de sulfato de sodio anhidro, 25 ml. de ácido sulfúrico concentrado, aproximadamente 1 ml. de antieumante y unas perlas de vidrio.

Colocar el matríz en el digestor y calentar cuidadosamente a baja temperatura hasta que el material est  carbonizado, aumentar gradualmente la temperatura hasta que la disolución est  completamente clara y dejar 30 minutos más a esa temperatura. La digestión se realiza dentro de la campana de extracción de vapores (Fig. 8).

Enfriar y añadir aproximadamente 200 ml. de agua para disolver completamente la muestra, agregar 50 ml. de hidróxido de sodio 1:1, de 3 a 5 gránulos de cinc.

Inmediatamente conectar el matríz a un sistema de destilación en la cual previamente se le ha colocado en la salida del refrigerante un matríz Erlenmeyer de 250 ml. que contenga 50 ml. de ácido bórico al 2% y unas gotas del reactivo Shiro-Tashiro como indicador (Fig.8).

Destilar hasta que unas gotas del destilado no den alcalinidad con el papel tornasol, aprox. 200 ml.

Nota: El  cido bórico con el indicador de un color azul y las primeras gotas del destilado cambian el color a verde.

Retirar el matríz recibidor y titular el destilado con ácido clorhídrico 0.1N; el indicador vira de verde a violeta.

c) Cálculos.

El nitrógeno presente en la muestra, expresado en porciento se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Nitrógeno} = \frac{V \times N \times 0.014 \times 100}{m}$$

En donde:

V = volumen de ácido clorhídrico empleado en la titulación en ml.

N = normalidad del ácido clorhídrico.

m = masa de la muestra, en gramos.

0.014 = miliequivalente del nitrógeno.

El porcentaje de proteínas se obtiene multiplicando el porcentaje de nitrógeno por el factor 6.25.

#### 5.- Fibra cruda (2,27).

a) Preparación de la muestra.- Utilizar la muestra del cascarón a la que se le extrajo la grasa por el método de Soxhlet.

b) Procedimiento.- Se pesan con aproximación de mg. de 2.5 a 3 g. de cascarón al que ya se le extrajo la grasa; pasa la muestra a un matríz Erlenmeyer de 500 ml., adicionar 0.5 de asbesto digerido y después 250 ml. de ácido sulfúrico al 1.25% (0.255N), esta solución debe estar hirviendo al agregarse. Se calienta de inmediato utilizando un refrigerante de reflujo; los primeros 30 a 40 ml. sirven para dispersar la muestra; ésta debe empezar a hervir antes de 1 minuto. Se man tiene así exactamente 30 minutos con un volumen constante (se marca el volumen al empezar a hervir, e ir añadiéndole agua hirviendo), girar el matríz de cuando en cuando para mezclar y arrastrar partículas de las paredes.

Mientras tanto, se prepara el embudo Buchner provisto de placa perforada y se le ajusta una tela de algodón o lino de manera que cubran los orificios de la placa y que servirán de soporte del adecuado papel filtro. Se vierte agua hirviendo sobre el embudo, se deja estar hasta que el embudo se caliente y después se succiona el agua.

Al final del período de ebullición de 30 min. se deja en reposo la mezcla ácida durante 1 min. y se vierte inmediatamente sobre una capa de agua caliente puesta en el embudo. Se ejerce una succión ajustada de tal forma que la filtración de la mayor parte de los - - 200 ml. se realice en 10 min. Si se pasa de ese tiempo se repite la determinación. Se lava la materia insoluble con agua hirviendo hasta que no de reacción con rojo de metilo (amarillo).

El residuo se regresa al matríz y se lava con 200 ml. de solución de hidróxido de sodio al 1.25% (0.313 N), tanto este volumen como el del  $H_2SO_4$  se miden a la temperatura ordinaria y se calientan a ebullición. La mezcla se hierve durante 30 min. tomando semejantes precauciones que en el primer tratamiento y ebullición. Se deja reposar la mezcla durante 1 min. e inmediatamente se filtra en un Gooch que ha sido preparado con asbesto digerido. Se transfiere la totalidad con agua hirviendo y se lava primero con esa misma agua, -

después con ácido clorhídrico al 1% (10 ml. de HCl por litro) y finalmente con agua hirviendo hasta eliminación de ácido. Se lava dos veces con alcohol etílico y tres veces con éter dietílico. Se seca a 105°C hasta peso constante y se calcina a 600°C volviéndose a pesar.

Preparación del asbesto: se digiere a ebullición durante 8 horas con sosa al 5%. Se lava con agua caliente; se pone nuevamente a digerir pero con HCl 1:3 el mismo tiempo, se lava de nuevo con agua, se filtra, se seca y se calcina al rojo brillante.

c) Cálculos.

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{\text{Peso al secar la muestra} - \text{Peso incinerada}}{\text{Peso muestra original}} \times 100$$

6.- Sólidos totales (2).

a) Cálculo.

$$\% \text{ de Sólidos totales} = 100 - \% \text{ de humedad}$$

7.- Extracto libre de nitrógeno (2).

a) Cálculos.

% Carbohidratos

$$\text{Asimilables} = 100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ cenizas} + \% \text{ grasa} + \% \text{ proteínas} + \% \text{ fibra})$$

C.- Determinación de calcio y otras características fisicoquímicas.

1.- Determinación de calcio como oxalato por valoración con permanganato (1).

a) Preparación de la muestra.- Obtener una muestra representativa, de la misma forma que se ha venido haciendo, en cuanto al tamaño y molienda de la misma recurrir a la técnica de cuarteo.

b) Procedimiento.- Pasar con aproximación de 0.0001, 0.25 g. a - - 0.5g. de muestra, calcinar a 500°C. Tratar las cenizas frías con 10ml. de HCl 5N y evaporar en baño de vapor. Añadir 10 ml. de HCl 2N y calentar a ebullición, diluir con 10 ml. de agua y filtrar en un vaso de -- 250 ml. Repetir la extracción varias veces. Añadir mas gotas de bromocresol a los filtrados y elevar a pH alcalino con amoniaco diluido. Posteriormente acidular con la solución de ácido acético diluido y añadir en exceso de 0.5 ml. de ácido acético glacial. Calentar a ebullición y añadir lentamente 10 ml. de la solución saturada de oxalato de amonio. Adicionar de la solución de amoniaco hasta que la mezcla tenga un color verde - amarillento (pH aprox. 3.8) filtrar a través de papel Whatman, comprobando que no haya más precipitado. Pasar el precipitado a un matrón de Erlenmeyer empleando agua luego con 10 ml. de ácido sulfúrico diluido a una temperatura de 60°C y por último con agua caliente hasta tener un volumen final de 150 ml. Valorar la solución con perman

ganato de potasio 0.05N a 75°C hasta que el color rosa persista por 30 segundos.

c) Cálculos:

$$1 \text{ ml. de } \text{KMnO}_4, 05\text{N} = 0.001002 \text{ g. de Ca.}$$

2.- Determinación de mustancias insolubles en ácido. (1,2).

a) Preparación de la muestra.- Tomar una muestra representativa de cascarón.

b) Procedimiento.- Suspender 10g. de muestra, pesados exactamente en 100 ml. de agua destilada. Lenta y cuidadosamente adicionar 20 ml. de ácido clorhídrico concentrado y diluir con agua a 150 ml. Calentar la solución a ebullición; al hervir se expale el  $\text{CO}_2$ , entonces la digestión se cubre con un vidrio de reloj y se somete a baño de vapor -- por una hora. Filtrar la solución en un crisol filtrante, previamente puesto a peso constante. El residuo se lava con agua y se seca a 105°C hasta peso constante. Enfriar en un desecador y pesar.

c) Cálculos:

$$I = \frac{(a-b) \times 100}{c}$$

I = % de insolubles en ácido.

a = Peso del crisol más residuos.

b = Peso del crisol vacío.

c = Peso de la muestra.

3.- Determinación de alcalinidad libre como  $\text{Ca(OH)}_2$ . (1,2).

a) Preparación de la muestra.- Tomar una muestra representativa de cascarón.

b) Procedimiento.- Pasar alrededor de 10g. de muestra, transferirlos a un matríz. Añadir 100 ml. de agua destilada y calentar a ebullición. Filtrar a través de un papel filtro y lavar el precipitado con 100 ml. de agua. Agregar al filtrado tres gotas de naranja de metilo y se titula con solución de HCl 0.1N.

c) Cálculos:

$$A = \frac{(74 \times a \times f \times 100)}{2c}$$

A = % de  $\text{Ca(OH)}_2$

a = ml. de ácido clorhídrico empleados en la titulación.

f = factor de la solución de HCl

c = cantidad de muestra empleada en mg.

## 4.- Gravedad específica aparente (Bulk Index) (2).

- a) Preparación de la muestra. Pesar 100g. de cascarón seco y molido.
- b) Procedimiento.- La muestra de cascarón se pesa exactamente en una probeta de 100 ml. de plástico, que tiene mas de 15 ml. por encima de la marca. La probeta se cierra con un tapón de corcho. Se coloca en un compactador mecánico a una velocidad constante durante dos minutos (Fig. 9).
- c) Cálculos.- Pesar nuevamente el contenido de muestra para verificar si no se derramó parte del polvo; pero antes medir el volumen ocupado después que se compactó y así se calcula su densidad de gramos -- por mililitro.

$$D = \frac{\text{Peso de la muestra en gr.}}{\text{Volumen de la muestra en ml.}}$$

D = Gravedad específica aparente (2).

## 5.- Determinación de finura.

- a) Preparación de la muestra.- De igual manera, se utilizarán 100g. de cascarón seco y molido.
- b) Procedimiento.- Colocar 100g. de muestra en un juego de 3 ó 4 tamices (cribas) que abarcan desde el número 40 (dependiendo del tamaño de partícula) en intervalos hasta posiblemente el 150. Llevarlos durante 5 minutos por cada malla a vibración constante (Fig. 10).
- c) Cálculos.- Pesar la porción que quedó en cada malla y esto nos indicará el porciento que hay en las mismas.

## 6.- pH (27).

- a) Preparación de la muestra.- Pesar aproximadamente 10g. de cascarón y licuarlo perfectamente con 100 ml. de agua destilada recientemente hervida y enfriada. Dejar reposar de 20 a 30 minutos y eliminar el sobrenadante.
- b) Procedimiento.- Calibrar el potenciómetro con las soluciones -- amortiguadoras de pH (pH=7 y pH=9). Determinar la temperatura de la muestra y ajustar también el potenciómetro. Introducir los electrodos en la muestra preparada y tomar la lectura directamente.
- c) Cálculos.- La lectura nos representa el valor del pH. Efectuar la determinación por duplicado.



DESARROLLO EXPERIMENTAL

## V. DESARROLLO EXPERIMENTAL

En este capítulo se describe de una manera general la recepción, el muestreo, el lavado y quebrado mecánico del huevo, que normalmente se lleva a cabo en una planta especializada. Después, se exponen de una -- forma más explícita los diferentes procedimientos estudiados para secar y moler el cascarón de huevo. Vale la pena mencionar que el objetivo -- principal de la planta aquí mencionada es obtener yema salada, para la elaboración de mayonesa, por lo cual en las operaciones descritas a continuación se busca siempre obtener el mayor rendimiento y óptima calidad de este subproducto.

### A.- Operaciones en la planta quebradora de huevo (Fig. 11)

#### 1.- Recepción y muestreo del huevo entero.

Actualmente el huevo es recibido por almacenes en cajas de aproximadamente 22kg., conteniendo 360 huevos cada una.

Se toma una muestra representativa, haciendo un tunnel a lo largo del camión para tomar muestras de todo el embarque hasta obtener de un 4% a un 5% del cargamento.

La muestra pasa al Departamento de Huevo donde se va a lavar y a quebrar. En este momento un inspector de Control de Calidad chequea principalmente los siguientes defectos: huevo flojo, con aroma desagradable, podrido (0%), con sangre (0.15% máximo) y roto, pegado a los conos o sucio (2.5% máximo de los tres defectos); así como también tamaño y frescura del mismo (un huevo fresco tiene menos de 4 días de postura). Además de estos aspectos se toma en cuenta: maniobra de selección de la muestra, estado de la caja (rota, doblada o mojada), temperatura del camión y apariencia externa del embarque. En base a los factores anteriores si la muestra representativa no sobrepasa el 10% de defecto total entonces el huevo es aceptado. Cuando esto sucede, se almacena a 5°C/1 hora mínimo para facilitar la separación de los ingredientes durante el quebrado.

#### 2.- Lavado y quebrado del huevo.

La finalidad de lavar el huevo es desprender del cascarón la suciedad que se encuentre adherida a él, así como darle saneamiento.

El lavado mecánico (Fig.12) se lleva a cabo de la siguiente manera:

- El huevo es vaciado, con ayuda de una lámina, sobre una malla relativamente flexible de acero inoxidable y que se encuentra en una posición de 30°.
- El huevo rueda y cae a una zona donde unas varillas lo jalar y lo colocan sobre los rodillos transportadores o huesos (cada espacio entre dos huesos tiene capacidad para llevar seis huevos).
- Los huesos transportan los huevos al tunel de lavado en donde los cepillos (de movimiento vibratorio vertical), los lavan, liberándolos de las suciedades adheridas al cascarón. Los huesos hacen que gire completamente el huevo para que pueda lavarse en su totalidad. En este punto por medio de bombas de recirculación se manda agua de la tina hacia los cepillos por medio de los dispersores. El agua contiene antiespumantes y una solución clorada de detergente, cada uno en una concentración de 200 ppm.
- Al salir del tunel de lavado, el huevo recibe un rocío con hipoclorido de sodio (200 ppm), el cual desprende el exceso de antiespumante y detergente.
- Después pasa por el ovoscopio (lámpara de inspección) donde se observa si el interior del huevo viene descompuesto o con sangre; éstos se separan y se devuelven al proveedor, así como los rotos y pegados a los conos.

Una vez que el huevo ha sido lavado pasa en seguida a la máquina quebradora en donde los transportadores de lavadora y las pinzas receptoras de la quebradora deben estar sincronizados para evitar que el huevo se tire.

Además, existe un rango de velocidad en el cual se basa la producción de esta máquina, a este estándar se le denomina "ciclos/min" siendo el número de veces que los huesos depositan en las pinzas los huevos de forma sincronizada colocando seis en cada ciclo. La idea es trabajar en el rango de 45 a 50 ciclos/minuto.

La velocidad de la máquina se revisa cuando se muestrea el huevo y varía dependiendo de la calidad de ésta, y, que si viene flojo entonces la velocidad será la mínima aceptable, pero si está fresco, aumentará.

Las quebradoras constan de las siguientes partes (Fig. 13):

- a) Pinzas receptoras de huevo: Tienen movimiento horizontal y al estar juntas sostienen el huevo de tal manera que al abrirse hacen que el huevo roto caiga a la copa.
- b) Martillo: Tiene un movimiento vertical que sujeta el huevo en las pinzas y sirve de contrapunto cuando las navajas golpean el cascarón haciéndole una incisión para que después con una leve presión se agriete el cascarón en toda la circunferencia.

- c) **Navajas:** Tienen un movimiento vertical y con un golpe seco hacen el corte, partiendo al huevo por la mitad.
- d) **Copas:** Cuando se abren las pinzas caen la yema y clara a la copa que tiene un orificio por donde pasa la clara hacia la cuchara, quedando la yema en la copa por tener mayor densidad.
- e) **Vibradores:** Para ayudar a separar la clara de la yema. Se cuenta con una sección en donde se hace vibrar toda la quebradora, terminando con una corriente de aire que desprende la última porción de clara de las copas.
- f) **Cuchara:** Se encuentra debajo de la copa y recibe a la clara.

De la máquina se obtienen tres subproductos principales: la yema que a través de una charola se deposita en una cubeta; la yema-clara -- (clara mezclada por yema) se recibe en otra cubeta y la clara limpia -- que cae en una tercera cubeta.

El cascarón que hasta el momento lo sigue sujetando las pinzas y el martillo, pasa a una cámara donde el martillo se levanta y una corriente de aire lo expulsa de las pinzas. El cascarón se recibe en tambores y se compacta manualmente por medio de un aprisionador.

La finalidad de obtener estos subproductos es en particular:

- A la yema se le añade 10% de sal con el fin de favorecer la propiedad de la lecitina, inhibir el crecimiento bacteriano, además de bajar el punto de congelación de la yema e impedir su gelación.
- Los sólidos de la yema se ajustan con la yema-clara.
- La clara filtrada, desazucarizada y deshidratada se le conoce como albúmina, la cual se utiliza en la elaboración de chocolates, pasteles, pegamentos, pastas alimenticias, etc.
- Por otra parte, el cascarón hasta el momento es desechado.

#### B.- Equipo industrial.

El equipo industrial utilizado para las pruebas de lavado, deshidratado y molienda del cascarón es el siguiente:

- 1.- Autoclave vertical abierta o similar de fierro dulce, (Fig. 14), con una capacidad aproximada de 1500 l. Con tres canastillas interiores de lámina negra perforada.
- 2.- Básculas de 15kg. (Berkel No.505 Mod. 2,008/M), y de 130kg. máximo de capacidad (Toledo Mod. 2081GG, No. Serie 25094).

- 3.- Centrifuga (Fig.15), con tambor interior de acero inoxidable con perforaciones de 3/16" a 1" de distancia cada una. Capacidad aproximada de 150 l. (para cascarón 30kg.). Motor de 1740 rpm. y 3 C.V., polea motriz 4" y polea conductora 10". Velocidad angular 696 rpm.
- 4.- Cocedor (Fig.16) (1963, No.Serie 522) de acero inoxidable con paletas mezcladoras. Dimensiones interiores de la cámara de proceso - - 1.52 x 4.8 m, presión máxima exterior 90 lb/pulg<sup>2</sup>, presión máxima interior 60 lb/pulg<sup>2</sup>, temperatura máxima 340°C, capacidad aproximada 6,700 litros (para cascarón 3,000 kg). Motores de 40 C.V.
- 5.- Molino de martillos (Fig.18) Fitz Mill (The Fitz Patrick Company 832 Industrial Drive, Elmhurst, Illinois 60126 USA "Comminutor" Código No. DASO 6, Serie No. 7810), de aproximadamente 600kg/hr. de capacidad con malla 0.040", y una velocidad de 3600 rpm. Con un motor de 7.5 C.V.
- 6.- Molino de turbina (Fig.19) (PULVEX Mod. 400) de 150kg/hr. Construcción: turbina de impacto en fundición de acero, montada en la flecha. El rotor gira sobre rodamientos de bolas de alta velocidad. Forro de molienda dentado y desmontable. Criba de media luna. Carcasa en fundición de hierro gris. Tolva de carga en lámina. El movimiento es por medio de poleas, correas trapezoidales y motor eléctrico de 15 C.V.
- 7.- Paila (Fig.20) de acero inoxidable de 400 l. de capacidad, provista de chaqueta de vapor y paletas raspadas.
- 8.- Secador de charolas piloto para pruebas preliminares (Fig. 21 y 22), de 1.45 x 1.58 m. con 7 divisiones interiores donde se colocan 49 charolas (70x20 cm) que poseen mallas 0.033". Con la opción del uso de resistencia eléctrica o radiador de vapor; con termostato y extractor - para recircular el aire caliente.
- 9.- Secador de vapor rotatorio (Fig.23) de acero inoxidable con sistema de 72 tubos (ANDERSON IBEC, 1980, No.10510). Con una capacidad de 500kg., velocidad angular de 9 rpm. y una temperatura máxima de 232°C en el interior de los fluxes, con una presión de 150lb/pulg<sup>2</sup>. El motor es de 10 C.V.
- C.- Descripción de los procesos estudiados para la obtención del cascarón en polvo.
- Actualmente el cascarón de huevo procede de la máquina quebradora para depositarse en tambos de aproximadamente 200kg. de capacidad, donde se tritura manualmente con el fin de reducir su espacio y colocarse en la zona de desechos de la planta.

El contenido de humedad que presenta el producto es muy variable:

# ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

79

| Muestra                          | % Agua |
|----------------------------------|--------|
| Cascarón recién quebrado         | 30-35  |
| Cascarón triturado               | 25-30  |
| Cascarón depositado en la basura | 20-25  |

Esta humedad proviene básicamente del agua de lavado de los huevos antes de quebrarse.

A continuación se describen los diferentes procedimientos que se siguieron para la obtención del cascarón en polvo:

1.- Proceso No. 1.- Como primera instancia, se determina la efectividad del equipo en el caso del secador de charolas a nivel piloto. Cuando se trabajan con resistencia eléctrica (1800 Watts), para la producción de calor, tarda 150 minutos en elevar la temperatura a 65°C, siendo ésta la máxima que se alcanza; en cambio si el suministro es por medio de vapor la temperatura llega a 100°C en 20 ó 30 minutos. También se llenaron las charolas con diferentes proporciones de cascarón (0.5 kg a 5 kg) para determinar cuál es el tiempo mínimo requerido para secar la máxima cantidad.

El cascarón recién triturado pasa a depositarse directamente en las charolas del secador; se utilizan sólo 10 para las pruebas, en ellas se coloca un máximo de 1.5 kg de producto en forma dispersa y homogénea, una cantidad mayor de muestra obstruye la circulación del aire y retarda el tiempo de secado. Las condiciones generales del sistema son: presión de entrada de vapor 1.6 kg/cm<sup>2</sup>, presión de salida 0.4 kg/cm<sup>2</sup>; temperatura 100°C, tiempo de secado es de 120 a 150 minutos; humedad final 2% máximo. Una vez obtenida esta humedad, el cascarón pasa a molerse en el molino de martillos con malla # 0.04" (Fitz Mill).

2.- Proceso No. 2.- Una muestra representativa de cascarón es tomado directamente de los tambos de basura, se coloca en una canastilla para pasar a lavarse en el autoclave vertical durante 10 minutos con agua hirviendo, de manera que toda la espuma que produce la clara adherida, se derrame por los bordes del tanque con el fin de reducir en alguna forma la contaminación ya que se remueven las partículas de suciedad incrustadas en el cascarón.

El cascarón ya lavado conserva su humedad en un  $\pm$  2%. Éste se centrifuga durante aproximadamente 90 minutos para reducir el contenido de agua entre 5 y 10%. Después pasa a secarse en el secador de charolas a 100°C durante 30 minutos hasta un máximo de 2% de humedad. Finalmente se muele en el molino de martillos.

Cabe aclarar que este cascarón puede o no proceder directamente de los tambos de basura ya que si se toma directamente a la salida de la máquina quebradora, el grado de contaminación inicial es menor ya que

la clara que aún lleva adherida es un material rico en proteínas y por consiguiente un buen nutriente para los microorganismos presentes en los desechos.

3.- Proceso No. 3.- El cascarón proveniente de la basura se lava en el autoclave para remover la misma suciedad. Sin ser centrifugado pasa a secarse y molerse bajo las mismas condiciones descritas en el procedimiento No. 1.

4.- Proceso No. 4.- Con el fin de comparar el grado de contaminación del cascarón proveniente de la basura o de el que se obtiene directamente de la quebradora, el que se encuentra depositado en la basura pasa a secarse en las charolas durante 120 ó 150 minutos y finalmente se muele en el mismo equipo antes mencionado.

5.- Proceso No. 5.- Quinientos kg. de cascarón almacenado en los tambores de basura se transporta en bolsas de polietileno a un secador rotatorio, donde la temperatura alcanzada en el interior de los fluxes es de 120°C, trabajando con una presión de 2.5kg/cm<sup>2</sup>, durante 45 minutos aproximadamente, logrando una humedad final máxima de 2%. Molerlo en el molino de martillos en la forma acostumbrada.

6.- Proceso No. 6.- De igual manera que en el punto anterior se llevan 500kg. de cascarón a un Cocedor para secarse a 180°C durante 40 minutos hasta lograr 2% de humedad final.

7.- Proceso No. 7.- Se toman 2,500kg. de cascarón de los tambores de basura y se introducen en el Cocedor donde se mantiene la presión de vapor a 45 lb/pulg<sup>2</sup> durante 30 minutos. Conservar a 180°C durante tres horas para secar el producto, el cual se obtiene molido con un tamaño de partícula menor, debido al incremento en la presión y al sistema de agitación.

8.- Proceso No. 8.- Tomar aproximadamente 250kg. de cascarón directamente de la salida de la quebradora y colocarlos en una paila de acero inoxidable provista de chaqueta de vapor y paletas raspadoras como sistema de agitación. Encender el vapor entre 2 y 2.5kg/cm<sup>2</sup> de presión y mantener la agitación hasta obtener un producto seco durante aproximadamente 120 a 160 minutos. Moler el cascarón en el molino de turbina.

Después de realizar cada uno de los procedimientos antes mencionados hay que tomar en cuenta que en cada paso se han efectuado los análisis microbiológicos correspondientes con el fin de observar el grado de contaminación que pueda existir en el cascarón en polvo, así también se realizó el análisis fisicoquímico final para determinar las especificaciones del producto y poderlo utilizar como complemento alimenticio. Estos datos serán expuestos en los resultados.

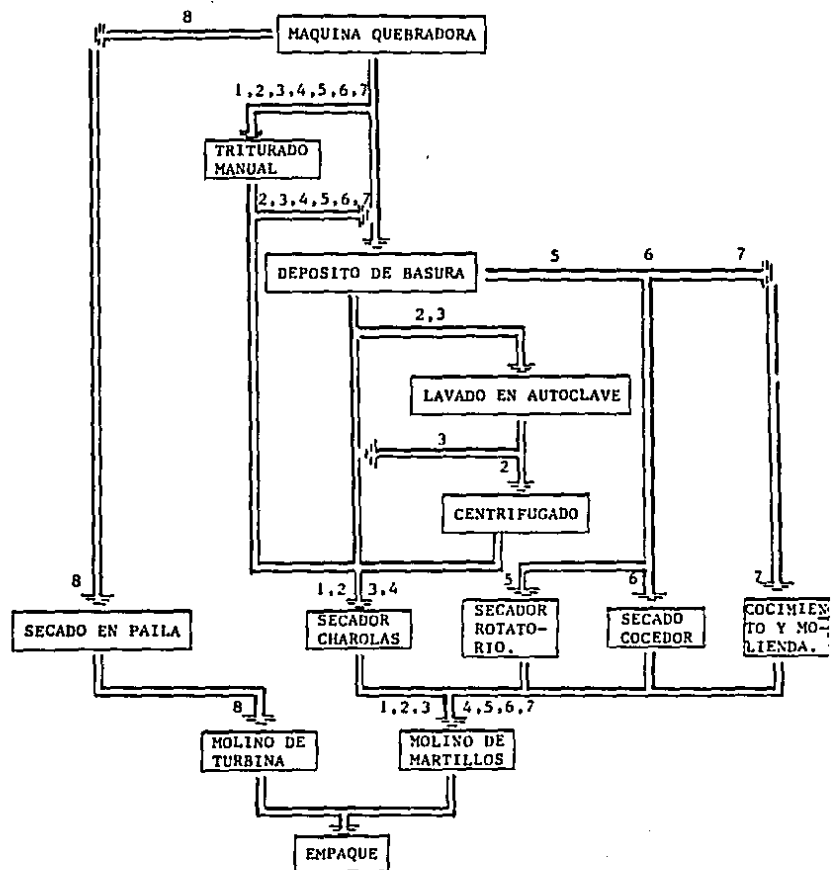
D.- Empaque y almacenamiento.

El cascarón en polvo se puede mantener a granel o de preferencia en bolsas de papel kraft (sacos de 50kg) con cierre cocido y encintado, para protegerlo contra la humedad, ataques de insectos o evitar que se derrame. El empaque se realizará en el caso de necesitar un producto de mejor calidad debido a que el costo se verá incrementado.

Para el almacenamiento se tomaron muestras de cascarón seco y molido conservándose durante un año a temperatura ambiente y a 37°C observando la estabilidad que existe en este período tanto fisicoquímica como microbiológicamente.

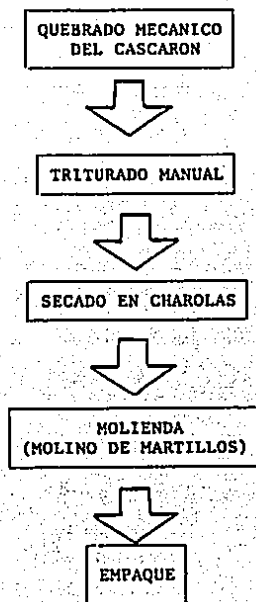


ESQUEMA DE LOS PROCESOS CONJUNTOS PARA LA OBTENCION DE CASCARON EN POLVO

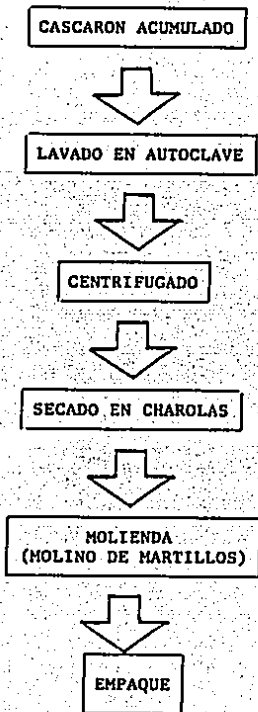


DIAGRAMAS DE BLOQUES

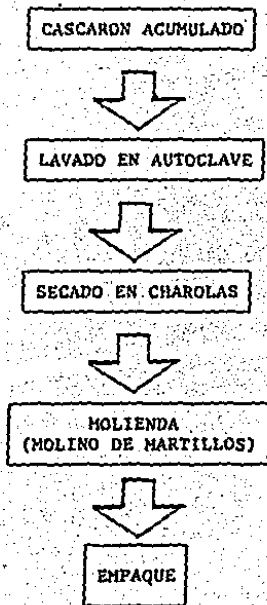
Proceso No. 1



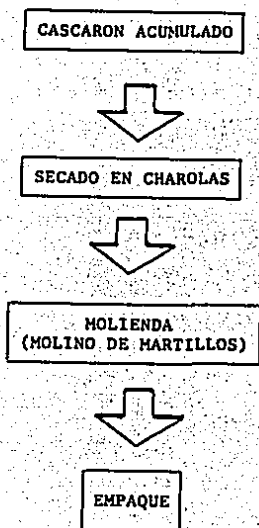
## Proceso No. 2



Proceso No. 3



Proceso No. 4



## Proceso No. 5

CASCARON ACUMULADO



SECADO EN SECADOR ROTATORIO

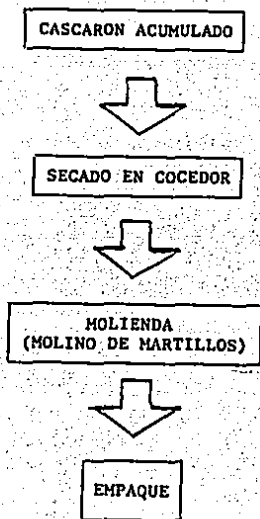


MOLIENDA  
(MOLINO DE MARTILLOS)



EMPAQUE

Proceso No. 6



Proceso No. 7

CASCARON ACUMULADO



COCIMIENTO Y MOLIENDA



EMPAQUE



Proceso No. 8

QUEBRADO MECANICO  
DEL CASCARON



SECADO EN PAILA



MOLIENDA  
(MOLINO DE TURBINA)



EMPAQUE

R E S U L T A D O S

## VI. RESULTADOS

### A) Análisis microbiológico

#### 1.- Análisis inmediato

| Muestra  | Cuenta de bacterias<br>mesofílicas aerobias (col/g) | Organismos<br>coliformes (col/g) | Hongos<br>(col/g) | Levaduras<br>(col/g) | Salmonella<br>(+ 6 -) | Otros patógenos<br>(+ 6 -) |
|--|---|----------------------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------|
| <u>Original</u>                                  |   |                                  |                   |                      |                       |                            |
| Quebrado manual                                  | 600   | 10                               | Negativo          | Negativo             | Negativo              | Negativo                   |
| Quebrado mecánico                                | 13,000  | 5,000                            | Negativo          | Negativo             | Negativo              | Positivo                   |
| Triturado manual                                 | 19,200  | 12,200                           | 200               | 30                   | Negativo              | Positivo                   |
| Acumulado (desecho)                              | 40'800,000  | 2'730,000                        | 700               | 250                  | Positivo              | Positivo                   |
| <u>Procesada</u>                                 |   |                                  |                   |                      |                       |                            |
| Proceso No. 1                                    | 450   | Negativo                         | Negativo          | Negativo             | Negativo              | Negativo                   |
| Proceso No. 2                                    | 180   | Negativo                         | Negativo          | Negativo             | Negativo              | Negativo                   |
| Proceso No. 3                                    | 800   | Negativo                         | Negativo          | Negativo             | Negativo              | Negativo                   |
| Proceso No. 4                                    | 400   | Negativo                         | Negativo          | Negativo             | Negativo              | Negativo                   |
| Proceso No. 5                                    | 360   | Negativo                         | Negativo          | Negativo             | Negativo              | Negativo                   |
| Proceso No. 6                                    | 190   | Negativo                         | Negativo          | Negativo             | Negativo              | Negativo                   |
| Proceso No. 7                                    | 200   | Negativo                         | Negativo          | Negativo             | Negativo              | Negativo                   |
| Proceso No. 8                                    | 350   | Negativo                         | Negativo          | Negativo             | Negativo              | Negativo                   |
| CaCO <sub>3</sub> grado alimenticio <sup>1</sup> | 150   | Negativo                         | Negativo          | Negativo             | Negativo              | Negativo                   |
| CaCO <sub>3</sub> precipitado <sup>2</sup>       | 110   | Negativo                         | Negativo          | Negativo             | Negativo              | Negativo                   |

<sup>1</sup>Proveedor "Jo' Ben"

<sup>2</sup>Proveedor "Liquid Carbonic"

Tabla VI.1

A) Análisis microbiológico  
2.- Análisis post-almacenamiento

El cascarón procesado se almacenó a diferentes temperaturas (21°C y 37°C) durante dos años empacado en bolsas de papel kraft, evitando corrientes de aire y presencia de insectos. Las cuentas obtenidas en ambas temperaturas son muy semejantes, por lo cual los resultados se exponen en la tabla siguiente:

| Muestra procesada                                | Cuenta de bacterias mesofílicas aerobias (col/g) | Organismos coliformes (col/g) | Hongos (col/g) | Levaduras (col/g) | Salmonella (+ 6 -) | Otros patógenos (+ 6 -) |
|--|--|-------------------------------|----------------|-------------------|--------------------|-------------------------|
| Proceso No. 1                                    | 900  | Negativo                      | 5              | Negativo          | Negativo           | Negativo                |
| Proceso No. 2                                    | 540  | Negativo                      | 2              | 4                 | Negativo           | Negativo                |
| Proceso No. 3                                    | 1,200  | Negativo                      | Negativo       | 3                 | Negativo           | Negativo                |
| Proceso No. 4                                    | 700  | Negativo                      | 10             | Negativo          | Negativo           | Negativo                |
| Proceso No. 5                                    | 700  | Negativo                      | 10             | Negativo          | Negativo           | Negativo                |
| Proceso No. 6                                    | 500  | Negativo                      | Negativo       | Negativo          | Negativo           | Negativo                |
| Proceso No. 7                                    | 650  | Negativo                      | Negativo       | 7                 | Negativo           | Negativo                |
| Proceso No. 8                                    | 600  | Negativo                      | 2              | 6                 | Negativo           | Negativo                |
| CaCO <sub>3</sub> grado alimenticio <sup>1</sup> | 270  | Negativo                      | Negativo       | Negativo          | Negativo           | Negativo                |
| CaCO <sub>3</sub> grado alimenticio <sup>2</sup> | 150  | Negativo                      | Negativo       | Negativo          | Negativo           | Negativo                |

<sup>1</sup> Proveedor "Jo'Ben"

<sup>2</sup> Proveedor "Liquid Carbonic"

Tabla VI.2

B) Análisis físicoquímico  
1.- Análisis bromatológico

| <u>Muestra original</u> | <u>Humedad (%)</u> | <u> Cenizas (%)</u> | <u>Grasa cruda (%)</u> | <u>Proteínas (%)</u> | <u>Fibra cruda (%)</u> | <u>Sólidos totales (%)</u> | <u>Extracto libre de N<sub>2</sub> (%)</u> |
|-------------------------|--------------------|---------------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------|--|
| Quebrado manual         | 21.6050            | 54.0540             | 1.2457                 | 4.8590               | 0.7921                 | 76.3950                    | 15.4442                                    |
| Quebrado mecánico       | 33.6150            | 45.7070             | 0.9223                 | 3.1680               | 0.7243                 | 66.3850                    | 15.8634                                    |
| Triturado manual        | 27.1170            | 48.9020             | 0.9564                 | 3.7510               | 0.3527                 | 72.8830                    | 18.9209                                    |
| Acumulado (desecho)     | 20.1070            | 56.0500             | 1.1428                 | 4.4130               | 0.2872                 | 79.8930                    | 18.0000                                    |

Procesada

|  |        |         |        |        |        |         |         |
|--|--------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Proceso No. 1                              | 0.6489 | 74.6931 | 0.6502 | 5.2431 | 0.4297 | 99.3511 | 18.3150 |
| Proceso No. 2                              | 0.5148 | 75.9560 | 0.1459 | 3.8620 | 0.4713 | 99.4852 | 19.0500 |
| Proceso No. 3                              | 0.9742 | 74.1315 | 0.2141 | 4.0122 | 0.4940 | 99.0258 | 20.1740 |
| Proceso No. 4                              | 0.5354 | 75.0821 | 0.7362 | 5.0104 | 0.4689 | 99.4646 | 18.1670 |
| Proceso No. 5                              | 0.6500 | 75.9000 | 0.6800 | 5.2300 | 0.5100 | 99.3500 | 17.0300 |
| Proceso No. 6                              | 0.9014 | 73.2292 | 0.2130 | 4.9400 | 0.3412 | 99.0986 | 20.3752 |
| Proceso No. 7                              | 1.3200 | 69.5000 | 0.1100 | 4.9700 | 0.2300 | 98.6800 | 24.3100 |
| Proceso No. 8                              | 0.6807 | 75.1048 | 0.6649 | 5.0215 | 0.4578 | 99.3193 | 18.0703 |
| CaCO <sub>3</sub> grado alm. <sup>1</sup>  | 0.5698 | 98.1840 | --     | --     | --     | 99.4302 | --      |
| CaCO <sub>3</sub> precipitado <sup>2</sup> | 0.2580 | 98.7572 | --     | --     | --     | 99.7420 | --      |

<sup>1</sup>Proveedor "Jo'Ben"

<sup>2</sup>Proveedor "Liquid Carbonic"

Tabla VI.3

B) Análisis fisicoquímico  
 2.- Determinación de calcio y otras características fisicoquímicas.

| Muestra original    | Calcio (%) | Mat. insoluble en ácido (%) | Alcalinidad libre (%) | Gravedad específica aparente. (g/ml.) | Finura (%) | pH  |
|---------------------|------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------------------|------------|-----|
| Quebrado manual     | 35.93      | 0.14                        | 0.081                 | ---                                   | ---        | 9.3 |
| Quebrado mecánico   | 36.44      | 0.17                        | 0.052                 | ---                                   | ---        | 9.5 |
| Triturado manual    | 36.50      | 0.19                        | 0.043                 | ---                                   | ---        | 9.5 |
| Acumulado (desecho) | 36.72      | 0.20                        | 0.095                 | ---                                   | ---        | 8.9 |

| <u>Procesada</u>                              |       |      |       |       |                    |     |
|---|-------|------|-------|-------|--------------------|-----|
| Proceso No. 1                                 | 36.74 | 0.18 | 0.040 | 1.221 | 46% pasa malla 150 | 9.4 |
| Proceso No. 2                                 | 36.89 | 0.15 | 0.032 | 1.235 | 47% pasa malla 150 | 9.2 |
| Proceso No. 3                                 | 36.81 | 0.17 | 0.034 | 1.248 | 47% pasa malla 150 | 9.2 |
| Proceso No. 4                                 | 36.71 | 0.20 | 0.089 | 1.224 | 46% pasa malla 150 | 9.0 |
| Proceso No. 5                                 | 36.73 | 0.19 | 0.084 | 1.216 | 46% pasa malla 150 | 9.0 |
| Proceso No. 6                                 | 36.84 | 0.19 | 0.077 | 1.214 | 45% pasa malla 150 | 9.0 |
| Proceso No. 7                                 | 35.15 | 0.17 | 0.051 | 1.619 | 20% pasa malla 40  | 8.9 |
| Proceso No. 8                                 | 36.80 | 0.18 | 0.042 | 1.222 | 95% pasa malla 150 | 9.0 |
| CaCO <sub>3</sub> grado aliment. <sup>1</sup> | 38.50 | 0.18 | 0.039 | 1.221 | 45% pasa malla 150 | 9.0 |
| CaCO <sub>3</sub> precipitado <sup>2</sup>    | 39.43 | 0.16 | 0.028 | 0.528 | 83% pasa malla 150 | 9.1 |

<sup>1</sup>Proveedor "Jo'Ben"

<sup>2</sup>Proveedor "Liquid Carbonic"

Tabla VI.4

D I S C U S I O N D E R E S U L T A D O S  
Y R E C O M E N D A C I O N E S

## VII DISCUSION DE RESULTADOS Y RECOMENDACIONES.

### A.- Discusión de resultados.

Las operaciones sanitarias se consideran fundamentales para el mejoramiento en las condiciones de manejo de los desechos en una planta, ya que ofrecen un beneficio en las áreas de limpieza y orden, incrementando la productividad dentro de la misma, continuando de esta manera con las prácticas de manufactura. Por ello los procesos descritos anteriormente son evaluados con el fin de obtener un producto con características óptimas de calidad y rendimiento para el consumo tanto animal como del hombre.

A continuación se hace un examen comparativo de los análisis efectuados después de cada proceso. Cabe aclarar que tanto los procesos como los análisis se realizaron en forma repetitiva hasta encontrar resultados constantes o sin discrepancias.

En primera instancia se determinaron los análisis del cascarón de acuerdo al origen de la toma de muestra, es decir, si fue quebrado - manualmente o en forma mecánica y cuando éste se tritura en los tambo de 200 kg., para pasar a depositarse junto con todos los desperdicios de la planta.

En cuanto los análisis microbiológicos se observó que a medida que pasa el tiempo de lavado del cascarón, se aleva el grado de contaminación y por consiguiente su cuenta bacteriana; debido principalmente al gran contenido de nutrientes que posee la clara adherida y en ocasiones también de yema; por ello las celulas de Salmonella que pudiesen estar presentes en la cáscara del huevo entero, se desarrollan con gran facilidad en este medio húmedo, a pesar de la presencia del detergente y/o hipoclorito. El análisis fisicoquímico no muestra diferencias significativas en las cuatro tomas de cascarón, a excepción del contenido de humedad, el cual se ve reducido cuando se acumula en los desechos -- por la presencia del sol. El porcentaje de calcio es semejante en todos ellos. No se les determinó gravedad específica ni granulometría porque el tamaño de partícula no lo ameritaba.

Basandose en que el cascarón de huevo en polvo parte de diferentes condiciones iniciales y sufre diversos procesos de secado. Se han revisado los puntos generales y se tiene que todos los procesos nos dan efectividad de resultados ya que al producto se le han logrado eliminar todos los gérmenes patógenos y reducir en gran parte la cuenta microbiana, garantizando de esta manera una vida de anaquel de por lo menos dos años para ser comestible, puesto que el contenido de humedad de aproximadamente 1% impide la proliferación microbiana.



El análisis bromatológico no ofrece discrepancia en cada uno de los procesos, sólo se observa una disminución de proteínas cuando el cascarrón se lava en autoclave o centrifuga, porque se arrastra cierta cantidad de clara adherida. Por lo mismo se pueden eliminar cualquiera de estos pasos y por consiguiente reducir el costo y tiempo de operación, aunque se haya reducido el contenido de humedad antes de entrar al secador.

El contenido de calcio de aproximadamente 36% permanece más o menos constante en los ocho procesos, siendo ligeramente menor al carbonato de calcio que se encuentra en el mercado, pero esto puede ser de importancia secundaria considerando que el cascarrón posee otros componentes (proteínas, fibras o sales minerales) asimilables en una dieta tanto animal como humana, dándole la capacidad y ventaja de competir con otros proveedores de una materia prima pensada como fuente de calcio a nivel nutricional.

La granulometría o finura de este producto depende básicamente del molino a utilizar ya sea el de martillos o el de turbina, esta característica se ajusta de acuerdo a la finalidad que se desea cumplir.

Con respecto a los otros parámetros físicoquímicos se observa que se encuentra dentro de especificaciones y que es posible considerarlo un complemento alimenticio en dietas balanceadas.

Haciendo una revisión general de las ventajas y desventajas que ofrece el equipo, se tiene lo siguiente:

- 1.- Autoclave.- Al lavar el cascarrón dentro de las canastillas, tiene la inconveniencia de que arrastra el óxido de las paredes del equipo y pierde parte de las proteínas que lleva adheridas a él.
- 2.- Centrifuga.- A pesar de que reduce en gran parte el contenido de agua del cascarrón, tiene la desventaja de ser un paso más que antecede al secado y además baja el porcentaje final de proteína.
- 3.- Cocedor.- Es un equipo bastante sofisticado para este desarrollo ya que no es necesario hidrolizar la proteína del cascarrón para hacerla asimilable. Sin embargo, sí cumple con la finalidad del secado.
- 4.- Paila.- El cascarrón se quema en las paredes de la chaqueta de vapor y el mezclado no es homogéneo. El producto final presenta un color ligeramente café. Además su calentamiento es muy lento.
- 5.- Secador charolas.- Fue el punto de apoyo en este trabajo y da resultados positivos para el secado del cascarrón, sin necesidad de que lo anteponga ningún otro proceso después del quebrado mecánico. Por otro lado, se puede decir que la distribución del producto en las charolas puede ser adecuada ya que si es excesiva se incrementa demasiado el tiempo

de secado. Además, se recomienda remover manualmente la posición de los cascarones para que el aire caliente pueda fluir libremente y haya un tiempo de exposición menor.

6.- Secador de vapor rotatorio.- Es el equipo idóneo para secar cascarón de huevo ya que el tiempo de operación es mínimo y por consiguiente habrá una mayor producción. La cantidad de cascarón (3,000kg/día) es muy pequeña para justificar un equipo de esta magnitud.

Por lo anterior, se puede decir que este producto cumple con las condiciones de secado y con las características tanto fisicoquímicas como microbiológicas que requiere el mercado de complementos alimenticios y que está orientado hacia el carbonato de calcio como fuente de este mineral.

#### B.- Recomendaciones.

Como se ha venido mencionando, la finalidad de este estudio ha sido el encontrar un procedimiento óptimo para secar y moler el cascarón de huevo y cualquiera de los procesos anteriores tienen la capacidad de cumplir con los objetivos fijados.

Dando una mirada general hacia atrás se puede justificar la búsqueda de la operación de secado en el mismo equipo localizado en la planta, para minimizar el foco de contaminación que produce el cascarón acumulado, pero en realidad esta maquinaria no es de gran utilidad para dar un proceso continuo. Es por lo mismo que se ha seleccionado sólo un equipo de fácil manejo, que elimina pasos intermedios y que pueda reducir el costo de la inversión. También se ha considerado que hasta el momento sólo la planta proporciona esta materia prima, o sea 3 tons. de cascarón quebrado por día.

Considerando la distribución y las características, específicas de esta planta, se ha definido un sistema operacional del cascarón de huevo, que consiste en optimizar y mejorar el rendimiento, la eficiencia y el tiempo de manejo del producto, que lleva en última instancia a un proceso funcional, limpio y económico. El procedimiento y equipo se leccionado se describen a continuación:

#### 1.- Equipo.

El equipo por el cual se requiere hacer una inversión es: el secador de charolas y el molino de turbina. El resto de maquinaria es de uso común en la planta y de manera específica, en el quebrado de huevo, por esto sólo se está dirigiendo el camino del cascarón hacia un proyecto de aprovechamiento.

Las especificaciones del equipo sugerido son:

a) Secador de charolas.- Horno CAISA Mod. ET4-7-4-II (Fig. 24 y 25) con calefacción eléctrica con una temperatura normal de 120°C y una máxima de 150°C.

a.1) Dimensiones aproximadas:

|        | Interiores | Exteriores                          |
|--------|------------|-------------------------------------|
| Frente | 1,120 mm.  | 1,560 mm.                           |
| Altura | 2,100 mm.  | 2,460 mm. (+458mm. del -            |
| Largo  | 1,430 mm.  | 1,740 mm. ventilador de extracción) |

a.2) Construcción.- Tipo túnel, por medio de paneles tipo telescopiados fabricados en lámina C.R. calibre 20 en el interior y lámina C.R. - calibre 22 en el exterior, soportados por medio de aditamentos especiales, terminado en pintura de aluminio alta temperatura en el interior y pintura industrial en el exterior. Tendrá piso aislado.

a.3) Aislamiento.- Fibra de vidrio blanca tipo RW-4150 de 3" (76mm) de espesor, especial para la temperatura.

a.4) Puertas.- En cada extremo del horno se tendrá una puerta de una hoja de bisagras con cierres a prueba de explosión.

a.5) Chimenea.- De tiro forzado con un ventilador tipo Jaula de Ardilla, accionado con un motor de 3/4 H.P. de 220/440V, 3F, 60 Cy. Este ventilador tiene la capacidad de eliminar 70 kg/hr. de agua, al producir a tratar. Incluye también sombrero y damper.

a.6) Distribución.- Por medio de ductos localizados en ambas paredes laterales y ductos de retorno en la parte superior, ambos ajustables para formar un flujo tipo H horizontal y tener así el mayor contacto con el cascarón.

a.7) Calefacción.- Por medio de un banco de resistencia de alambre en espiral (27kw).

a.8) Cámara del horno.- Capacidad para 50 charolas dispuestas en dos partes con capacidad de 4kg. en cada una. Las charolas se construyen con cajas y soportes en lámina calibre 14 de acero inoxidable, calidad 304 y malla de plástico, con dimensiones:

|        |         |
|--------|---------|
| Frente | 800 mm. |
| Altura | 30 mm.  |
| Largo  | 600 mm. |

a.9) Condiciones.- El piso donde se instale el horno, deberá estar a nivel y en buenas condiciones. Las conexiones eléctricas deberán ser:

|                     |                 |
|---------------------|-----------------|
| Circuito de fuerza  | 220 V, 3F, 60Cy |
| Circuito de control | 110 V, 1F, 60Cy |

b) Molino de turbina.- Turbo molino PULVEX 400, con un rendimiento del 95% y una capacidad de 100 a 150 kg/hr.

b.1) Sistema.- Turbina de impacto D 12-6A.

b.2) Construcción.- La turbina de impacto en fundición de acero especial, balanceada, tratada y montada en la flecha de la máquina. Este rotor (turbina de impacto, flecha y pre-triturador), gira sobre rodamientos de bolas de alta velocidad, sobre dimensionados. Forro de molienda dentado desmontable en la parte superior de la cámara de molienda. Criba de media luna (se suministran tres) en la parte inferior de la cámara de molienda, con dispositivos sujetadores. Carcasa en fundición de hierro gris, así como la tapa. Esta tapa gira sobre la bisagra y cierra herméticamente por medio de perilla. Tolva de carga en lámina rollada en frío, reforzada y con compuerta ajustable para regular el flujo del producto hacia la entrada de la cámara de molienda.

b.3) Movimiento uniforme.- Por medio de poleas, correas trapezoidales y motor eléctrico de 15 C.F. 220-440/60/3, TECCV.

b.4) Montaje.- Sobre caballete tubular con plancha en placa de 9.5mm, con tolva de descarga de dos salidas, cada una con válvula de mariposa de 152mm Ø, cubre-correas, rieles tensores para el motor, cuatro mangas-filtro para captar finos y desalojar aire, y cuatro dispositivos - sujetadores para las mangas-filtro.

## 2.- Proceso.

a) Quebrado del cascarón.- Se realizará de la misma forma acostumbrada en la máquina quebradora de huevo.

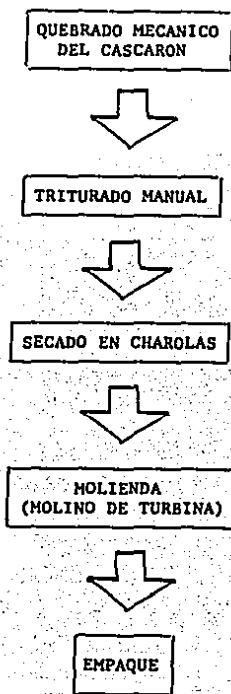
b) Triturado.- Un obrero se encargara de triturar manualmente el cascarón con un aprisionador, de la manera que se ha venido haciendo.

c) Secado en el secador de charolas.- El mismo trabajador pesa y coloca los 4kg. de producto sobre las 50 charolas; durante este lapso (20 minutos) se aprovecha para programar el secador y que alcance la temperatura de 120°C.

Una vez colocadas las 50 charolas la temperatura se abate a 65°C y el tiempo de recuperación es de una hora. Una vez alcanzados los 120°C se mantiene el producto durante 20 minutos, para remover ligeramente el cascarón con una pala en forma manual. Mantener de 15 a 20 minutos más y vaciar. Colocar de la misma manera, más muestra en cada charola.

d) Molienda.- El molino que se recomienda usar es el de turbina ya que se obtiene un tamaño de partícula menor. El tiempo que tarda en moler una carga de cascarón salida del secador es de aproximadamente 60 minutos (entre 130 y 160kg).

e) Empaque.- A la salida del molino se colocan las dos bolsas de papel kraft, que contendrán cada una 40 kg. de cascarón en polvo. El cocer las bolsas es casi instantáneo. En estos dos últimos pasos se continua trabajando con el mismo obrero.

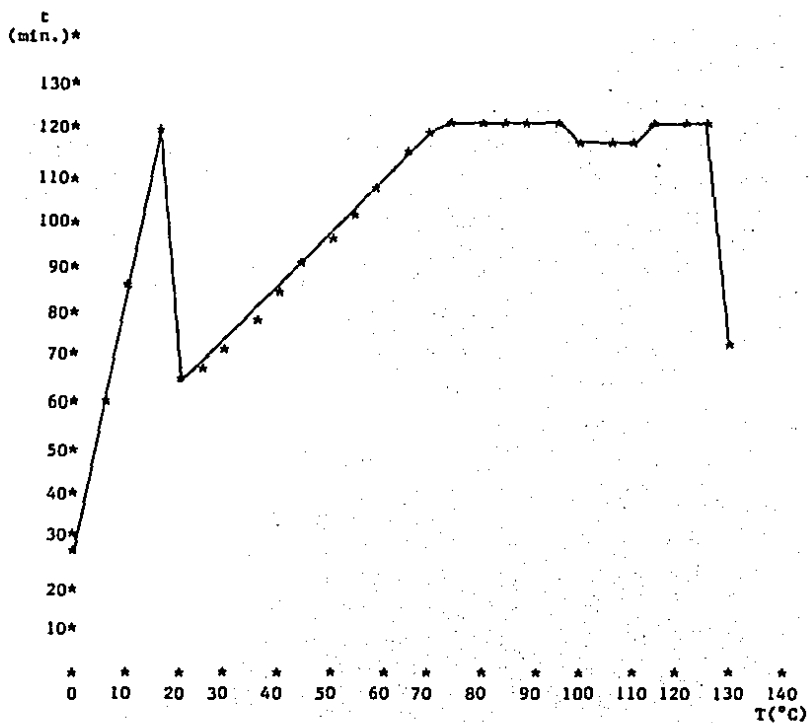
DIAGRAMA DE BLOQUES

### 3.- Aspectos técnicos del secado.

a) A continuación se describen algunos datos experimentales obtenidos en la prueba de secado. Condición 20% humedad inicial, hubo pérdidas durante el transporte de la muestra hacia el secador.

#### Relación tiempo - temperatura.

| Operación   | Tiempo (min.) | Temperatura (°C) |
|---|---------------|------------------|
| Encendido horno                                       | 0             | 28               |
|   | 5             | 60               |
| Precalentamiento (15 min.)                            | 10            | 85               |
|   | 15            | 120              |
| Introducción de Charolas (5 min.) con cascarrón.      | 20            | 64               |
|   | 25            | 66               |
|   | 30            | 70               |
|   | 35            | 76               |
|   | 40            | 83               |
|   | 45            | 88               |
|   | 50            | 94               |
|   | 55            | 100              |
|   | 60            | 106              |
|   | 65            | 114              |
| Levante de temperatura (55 min.)                      | 70            | 118              |
|   | 75            | 120              |
|   | 80            | 120              |
|   | 85            | 120              |
|   | 90            | 120              |
| Mantenimiento de la temperatura a-120°C (20 min.)     | 95            | 120              |
|   | 100           | 116              |
|   | 105           | 116              |
| Remoción del cascarrón (15 min.)                      | 110           | 116              |
|   | 115           | 120              |
| Mantenimiento de la temperatura a-120°C (15 min.)     | 120           | 120              |
|   | 125           | 120              |
| Apagado de la resistencia y encendido del ventilador. | 130           | 72               |

CURVA DE SECADO

Relación Tiempo - Temperatura

## b) Balance de materia.

Para 200 kg. de cascarrón con 30% de humedad se tiene:

$$\text{Cascarrón húmedo} = \text{Cascarrón seco} + \text{Agua eliminada}$$

Basándose en la ecuación siguiente:

$$\frac{W_i (1 - H_i)}{W_f} = (1 - H_f)$$

Donde:

$W_i$  = Peso cascarrón húmedo = 200 kg.

$W_f$  = Peso cascarrón seco = ?

$H_i$  = Humedad inicial del cascarrón = 30%

$H_f$  = Humedad final del cascarrón = 1%

$$W_f = \frac{W_i (1 - H_i)}{(1 - H_f)}$$

$$W_f = \frac{200 (1 - 0.20)}{(1 - 0.01)}$$

$W_f = 161.62$  kg. de cascarrón con 1% de humedad.

Por lo tanto la cantidad de agua que se debe eliminar es de - 38.38 kg.

c) Balance de energía. - A continuación se calcula la cantidad de energía térmica necesaria para secar el cascarrón.

Para calcular el calor en este proceso se considera como temperatura media de secado 90°C. Por consiguiente el calor será la suma de:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Donde:

$Q_1$  = Calor sensible, necesario para calentar el cascarrón húmedo de 20°C a 90°C.

$Q_2$  = Calor latente de evaporación (de 38.38 kg. de agua evaporada) a 90°C.

$Q_3$  = Calor sensible, necesario para calentar el cascarrón seco y el vapor de agua de 90°C a 120°C.



Como ya se mencionó esta consideración se hace para facilitar - los cálculos y el error se minimiza, de otra forma se tendría que hacer el cálculo en periodos más reducidos de tiempo.

Por lo anterior las ecuaciones son:

$$Q = M C_p \Delta T.$$

$$Q_1 = M \text{ casc. h\u00fcm. } C_p \text{ casc. h\u00fcm. } (90^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$$

$$Q_2 = M \text{ H}_2\text{O evap. } \lambda \text{ } 90^\circ\text{C}$$

$$Q_3 = M \text{ casc. seco } C_p \text{ casc. seco } (120^\circ\text{C} - 90^\circ\text{C}) + M \text{ H}_2\text{O evap. } C_{pvap} \text{ H}_2\text{O} (120-90)$$

El  $C_p$  del cascarr\u00f3n h\u00famedo (considerando el calor espec\u00edfico del  $\text{CaCO}_3$ ). (28).

$$C_p \text{ casc. h\u00fcm.} = (X \text{ H}_2\text{O cascarr\u00f3n}) (C_p \text{ cascarr\u00f3n}) + (X \text{ H}_2\text{O}) (C_{p\text{H}_2\text{O}})$$

$$C_p \text{ casc. h\u00fcm.} = 0.7 C_p (\text{CaCO}_3) + 0.3 C_p \text{ H}_2\text{O}$$

$$T \text{ casc. h\u00fcm.} = \frac{90 + 20}{2} = 55^\circ\text{C}$$

$$T \text{ casc. h\u00fcm.} = 55^\circ\text{C} + 273 = 328^\circ\text{K}$$

$$C_p (\text{CaCO}_3)_{55^\circ\text{C}} = [19.68 + 0.01189 T - \frac{307600}{T^2}] \times \frac{1}{P M} [\text{--}] \frac{\text{cal}}{\text{grado mol}}$$

$$C_p (\text{CaCO}_3)_{55^\circ\text{C}} = [19.68 + 0.01189(328) - \frac{307600}{(328^2)}] \times \frac{1}{P M}$$

$$C_p (\text{CaCO}_3)_{55^\circ\text{C}} = [19.68 + 3.8999 - 2.859] \times \frac{1}{100}$$

$$C_p (\text{CaCO}_3)_{55^\circ\text{C}} = (20.72) \frac{1}{100}$$

$$C_p (\text{CaCO}_3)_{55^\circ\text{C}} = 0.2072$$

Por lo que:

$$C_p \text{ casc. h\u00fcm.} = 0.7 (0.2072) + 0.3 (1)$$

$$C_p \text{ casc. h\u00fcm.} = 0.145 + 0.3$$

$$C_p \text{ casc. h\u00fcm.} = 0.445 \text{ Kcal/}^\circ\text{C kg.}$$

Sustituyendo en  $Q_1$  :

$$Q_1 = (200\text{kg.}) (0.445 \frac{\text{Kcal}}{^\circ\text{C kg.}}) (70^\circ\text{C})$$

$$Q_1 = 6230 \text{ Kcal.}$$

Como:

$$\lambda \text{ vap H}_2\text{O a } 90^\circ\text{C (194}^\circ\text{F)} = 980.18 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$980.18 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} \times \frac{1 \text{ Kcal}}{3.9657 \text{ BTU}} \times \frac{2.2051 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} = 544.99 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}$$

Por consiguiente:

$$Q_2 = 38.38 \text{ kg } \left( \frac{545 \text{ Kcal}}{\text{kg}} \right)$$

$$Q_2 = 20,917 \text{ Kcal}$$

El Cp del cascarrón seco es:

$$T = \frac{120 + 90}{2} = 105^\circ\text{C}$$

$$T = 105^\circ\text{C} + 273 = 378$$

$$C_p (\text{CaCO}_3)_{105^\circ\text{C}} = [19.68 + 0.01189 (378) - \frac{307600}{378}] \times \frac{1}{P \text{ M}}$$

$$C_p (\text{CaCO}_3)_{105^\circ\text{C}} = 0.2202$$

Por lo que:

$$C_p \text{ casc. seco} = 0.99 (0.2202) + 0.01 (1)$$

$$C_p \text{ casc. seco} = 0.2280$$

Entonces:

$$Q_3 = 161.62 (0.228) (120^\circ\text{C} - 90^\circ\text{C}) + 38.38 (0.456) (120^\circ\text{C} - 90^\circ\text{C})$$

$$Q_3 = 1630.5 \text{ Kcal}$$

Sumando  $Q_1 + Q_2 + Q_3$ :

$$Q_T = 6230 + 20,917 + 1630$$

$$Q_T = 28,777 \text{ Kcal}$$

$$Q_T = 28,777 \text{ Kcal} \times \frac{1 \text{ BTU}}{0.252 \text{ Kcal}}$$

$$Q_T = \underline{114,194.44 \text{ BTU}}$$

El tiempo experimental <sup>1</sup>de secado es de 105 minutos equivalente a 1 hora 45 minutos.

<sup>1</sup>Un cálculo teórico no se realizó por carecer de datos suficientes, pero puede consultarse la ec. (7.10-12) de Geankopolis, Ch: Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. CECSA, México, 1986. pp 474.

Entonces:

114,194.44 BTU se necesitan para secar el cascarrón en 1 hora - 45 minutos.

Por consiguiente en una hora:

$$Q = 65,253.96 \text{ BTU}$$

$$Q = 65,253.96 \text{ BTU} \times \frac{1 \text{ Kw}}{3415 \text{ BTU}}$$

$$Q = \underline{\underline{19.1 \text{ Kw/hr.}}}$$

En base a que el secador contiene un banco de resistencias de -- 27 Kw, se puede obtener la eficiencia del equipo.

$$\text{Eficiencia} = \frac{19.1}{27} \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = 70.77 \%$$

Por lo anterior se puede decir que el equipo brinda un calentamiento adecuado en nuestro producto.

EVALUACION ECONOMICA

## VIII. EVALUACION ECONOMICA.

Para concluir con este proyecto se debe hacer mención de uno de los puntos más importantes que es el estudio económico<sup>1</sup>; con el fin de ver la rentabilidad del proceso de secado y molienda del cascarón. Sólo se tomarán en cuenta los gastos que implican la inversión en un nuevo equipo o material, no se aplicará el costo de la máquina que es de uso común para este proceso, es decir, con la que ya se ha venido trabajando para quebrar huevo y obtener por separado la clara, la yema y el cascarón.

Por ello los aspectos a considerar son:

- A) Inversión fija.
- B) Costos de operación.
- C) Precio venta.
- D) Capital de trabajo.
- E) Inversión total.
- F) Utilidad bruta.
- G) Utilidad neta.
- H) Rentabilidad del proyecto.
- I) Punto de equilibrio.

A.- Inversión fija.

1.- Costos directos.

a) Equipo.- Dentro de este punto se consideran:

a.1) Equipo de proceso.- Consiste en todo el equipo básico, necesario para el secado y la molienda del producto.

|                       |              |
|-----------------------|--------------|
| Horno ET-474-H        | \$34'200,000 |
| 50 charolas           | \$ 6'250,000 |
| Molino de Turbina 400 | \$14'420,604 |

COSTO EQUIPO DE PROCESO \$54'870,604

a.2) Equipo de servicios.- Se refiere al equipo necesario para el funcionamiento dentro del proceso. Se considera un 10% del equipo de proceso.

COSTO EQUIPO DE SERVICIOS \$5'487,060

a.3) Instalación.- Referente a la instalación del equipo y servicios. Se estima un 10% de todo el equipo.

COSTO DE INSTALACION \$ 6'035,766

<sup>1</sup>Los costos corresponden al segundo bimestre del año 1988, en moneda nacional.

a.4) El costo del edificio y terreno no se toma en cuenta en este estudio.

TOTAL ACTIVO FIJO DIRECTO \$66'393,430

2.- Costos indirectos.- Corresponde al estudio de investigación. En este caso no tiene cargo.

TOTAL INVERSION FIJA \$66'393,430

B.- Costos de operación.

1.- Costos variables.

a) Materias primas.- Por tratarse de un producto de desecho, el cascarón no tiene costo. Pero, si en un momento dado se llegase a pensar en aumentar la producción, se consideraría el flete (\$50,000/4 Tons); o el precio que le asignara a la compañía que se recoge.

En el caso de este proyecto se toma en cuenta el cascarón de la misma planta.

b) Mano de obra directa.- Es la que está involucrada directamente en la manufactura del producto y se fija por las condiciones del proceso.

Número de obreros: un obrero por turno

Salario: \$ 8,000 + 35% de prestaciones = \$ 10,800

Por día: \$21,600

Por año: \$21,600 x 7 x 52 = \$ 7'862,400

COSTO MANO DE OBRA DIRECTA \$ 7'862,400

c) Servicios al proceso.

c.1) Agua.- Se considera el gasto para lavar.

Gasto Aproximado: 400 l/día = 0.4 m<sup>3</sup>/día

0.4 x 5 x 52 = 104 m<sup>3</sup>/ año

Costo unitario: \$ 617 / m<sup>3</sup> agua

COSTO DEL AGUA \$64,168 /año.

c.2) Electricidad.- Se consideran por el secador, ventilador y molino.

Gasto estimado - 450 KWH/día

450 x 5 x 52 = \$117,000 KWH/año.

Costo unitario - \$140/hr.

COSTO ELECTRICIDAD \$16'380,000/año.

COSTO TOTAL DE SERVICIOS AL PROCESO \$ 16'444,168/año.

d) Empaque.- Doble bolsa de papel Kraft im x 0.5m, y una bolsa de -- PVC interior para 40 kg. de cascarrón.

Producción aproximada de cascarrón: 2,400 kg/día.  
2,400 x 5 x 52 = 624,000 kg/año.

Cantidad de bolsas papel: 31,200 bolsas/año  
Precio unitario: \$ 150  
Costo bolsas papel: \$ 4'680,000 /año

Cantidad bolsas PVC: 15,600 /año  
Precio unitario: \$ 176  
Costo bolsas PVC: \$ 2'745,600 /año

Cantidad de hilo torzal (algodón): 1.5 m/costal  
23,400m/año

Equivalente a 5.192 Kg/año

Precio unitario: \$ 9,000/Kg.

Costo del hilo: \$46,728 /año

COSTO TOTAL DE EMPAQUE: \$7'472,328 /año

TOTAL DE COSTOS VARIABLES: \$31'778,896 /año

## 2.- Gastos fijos.

a) Mano de obra indirecta.- Corresponde al personal no directamente relacionado con la producción pero necesario para que la planta realice sus funciones. En este caso se tomó un 6% de los costos variables.

COSTO MANO DE OBRA DIRECTA: \$ 1'906,734

b) Mantenimiento.- La mano de obra de mantenimiento se calculó dentro de la mano de obra indirecta. Los costos de materiales y refacciones se calculan como un porcentaje del costo del equipo instalado. En este caso es un 2%.

COSTO MANTENIMIENTO: \$1'097,412

c) Supervisión.- Generalmente se calcula como un 12% de los costos de mano de obra directa e indirecta.

COSTO SUPERVISION: \$1'172,296

d) Depreciación.- Se considera un 10% para equipo.

DEPRECIACION ANUAL: \$ 5'487,060

e) Amortización.- Es igual al activo fijo entre el tiempo en que se recupera la inversión. Si se considera un tiempo de recuperación de -- tres años.

AMORTIZACION ANUAL: \$22'131,143

f) Seguros.- Representa el 2% del valor por asegurar como es la maqui-  
naria.

SEGURO ANUAL: \$1'097,412

GASTOS FIJOS ANUALES: \$32'892,057

TOTAL DE COSTOS DE OPERACION: \$64'670,953

C.- Precio de venta.

Precio =  $\frac{\text{Costos de operación} + 40\% \text{ utilidad}}{\text{Producción diaria por días laborables}}$

Precio por kilogramo =  $\frac{64'670,953 \times 1.4}{2,400 \times 260}$

Precio/Kg. cascarón = \$ 145

D.- Capital de trabajo.

El capital de trabajo es un elemento de la inversión total de un proyecto que consiste en el dinero que se tiene que tener invertido en la empresa para que ésta pueda operar además de la inversión de capital fijo.

Los elementos del capital de trabajo son los siguientes:

1.- Activo circulante.

Son las cajas, bancos y bonos. Se debe calcular lo necesario para cubrir los gastos indirectos de producción y gastos de administración durante un período de 8, 15 ó 30 días. Consiste principalmente en la mano de obra directa y gastos administrativos.

Para un ciclo de un mes:

a) Mano de obra.

|               |            |
|---------------|------------|
| Directa       | \$ 655,200 |
| Indirecta     | \$ 158,894 |
| Mantenimiento | \$ 91,451  |
| Supervisión   | \$ 97,691  |

b) Clientes (cuentas y documentos por cobrar).- El crédito al cliente varía según la naturaleza del mercado en el que se trabaja. Podría ser desde ventas al contado o crédito por 30 ó 60 días. Tomando un promedio para 45 días de crédito.



Crédito = (producción diaria) (precio venta) (45 días)

$$\text{Crédito} = (2,400 \frac{\text{Kg.}}{\text{día}}) (\$145) (45 \text{ días})$$

CREDITO = \$ 15'660,000

c) Inventario del producto terminado, en proceso y como materia prima. Dependerá del mercado en que se esté.

c.1) Materia prima.- Hasta el momento sin cargo.

c.2) Empaque.

Bolsas papel para 30 días:

$$(120 \frac{\text{bolsas}}{\text{día}}) (30 \text{ días}) (\$ 150) = \$ 540,000$$

Bolsas PVC:

$$(60 \frac{\text{bolsas}}{\text{día}}) (30 \text{ días}) (\$ 176) = \$ 316,800$$

Hilo torzal:

$$(0.0199 \frac{\text{Kg.}}{\text{día}}) (30 \text{ días}) (\$ 9,000) = \$ 5,392$$

INVENTARIO TOTAL DE EMPAQUE: \$ 862,192

c.3) Producto terminado para 30 días:

$$(2,400 \frac{\text{Kg.}}{\text{día}}) (\$ 145) (30 \text{ días}) = \$ 10'440,000$$

PRODUCTO TERMINADO: \$ 10'440,000

TOTAL DE CAPITAL DE TRABAJO: \$ 27'965,428

E.- Inversión total.

La inversión total equivale a la suma de la inversión de activo fijo más el capital de trabajo:

$$\$ 66'393,430 + \$ 27'965,428 = \$ 94'358,858$$

INVERSION TOTAL: \$ 94'358,858

## F.- Utilidad bruta.

Es el 40% de los costos totales de operación:

$$\$ 64'670,953 (0.40) = \$ 25'868,381$$

$$\text{UTILIDAD BRUTA: } \$ 25'868,381$$

## G.- Utilidad neta.

Es el producto de la utilidad bruta por el porcentaje de impuestos y reparto de utilidades. Generalmente es un 50% de la utilidad bruta:

$$\$ 25'868,381 (0.5) = \$ 12'934,190$$

$$\text{UTILIDAD NETA: } \$ 12'934,190$$

## H.- Rentabilidad del proyecto.

Es el coeficiente del valor de la utilidad neta entre la inversión total.

$$R = \frac{12'934,190 \times 100}{94'358,858}$$

$$R = 13.71 \%$$

## I.- Punto de equilibrio.

Este parámetro indica a que capacidad operará la unidad sin que haya pérdidas.

## a) Cálculo del punto de equilibrio en función de la capacidad.

$$PE_C = \frac{\text{Costo fijo}}{\text{Ventas anuales} - \text{Costos variables}} \times 100$$

$$\text{Ventas anuales} = \$ 145 \times 260 \text{ días} \times \frac{2,400 \text{ kg}}{\text{día}} = \$ 90'480,000$$

$$PE_C = \frac{\$ 32'892,057}{\$ 9'480,000 - \$ 31'778,896} \times 100$$

$$PE_c = 56.033 \%$$

b) Cálculo del punto de equilibrio en función de ventas.

$$PE = \frac{\text{Costo fijo}}{1 - \frac{\text{Costo variable}}{\text{ventas anuales}}}$$

$$PE_v = \frac{\$ 32'892,057}{1 - \frac{\$31'778,896}{\$90'480,000}}$$

$$PE_v = \frac{\$32'892,057}{0.64877}$$

$$PE_v = \$ 50'699,103$$

c) Cálculo gráfico del punto de equilibrio (Gráfica I).

Las variables necesarias para su determinación son:

Costo fijo anual: \$ 32'892,057  
 Total de costos de operación: \$64'670,953  
 Ventas anuales: \$145 x 260 x 2,400: \$90'480,000  
 Utilidad neta: \$12'934,190

Por otro lado si se considera con precio de venta superior a \$145, por ejemplo de \$ 300 se está aun en ventaja con respecto a los competidores (\$ 500 y \$ 720).

Entonces la venta anual es:

$$\$ 300 \times 260 \text{ días} \times \frac{2,400 \text{ kg}}{\text{día}} = \$187'200,000$$

Y la utilidad se obtiene:

$$\text{Precio} = \frac{\text{Costos de operación} \times \text{utilidad}}{\text{Producción diaria} \times \text{días laborables}}$$

$$\text{Utilidad} = \frac{2,400 \times 260 \times 300}{64'670,953}$$

$$\text{Utilidad} = 2.89 \text{ Equivalente a un } \underline{189 \%}$$

La utilidad bruta es el 1.9 % de los costos de operación:  
 $64'670,953 (1.90) = \$122'874,810$

$$\text{UTILIDAD BRUTA} = \$ 122'874,810$$

La utilidad neta:

$$122'874,810 (0.5) = \$61'437,405$$

$$\text{UTILIDAD NETA} = \$61'437,405$$

Por lo tanto la rentabilidad del proyecto con un precio de venta de \$ 300 es:

$$R = \frac{61'437,405}{187'200,000} \times 100$$

$$R = \underline{32.82 \%}$$

El cálculo del punto de equilibrio para este caso es:

$$PE_{\text{capacidad}} = \frac{\$ 32'892,057}{\$187'200,000 - \$31'778,896} \times 100$$

$$PE_{\text{capacidad}} = \underline{21.16 \%}$$

$$PE_{\text{ventas}} = \frac{\$32'892,057}{1 - \frac{\$ 31'778,896}{\$187'200,000}}$$

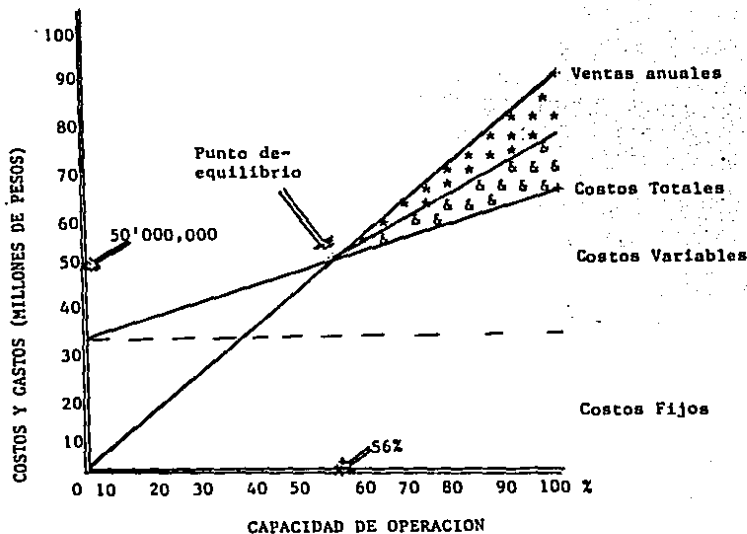
$$PE_{\text{ventas}} = \frac{\$32'892,057}{0.83025}$$

$$PE_{\text{ventas}} = \underline{\underline{\$39'617,483}}$$

En este caso el cálculo gráfico se expresa de la siguiente manera (Gráfica II):

Costo fijo anual: \$ 32'892,057  
Total de costos de operación: \$64'670,953  
Ventas anuales: \$ 187'200,000  
Utilidad neta: \$ 61'437,405

Como se puede observar en la Gráfica II, se tiene una capacidad de operación menor y a su vez una mayor utilidad.

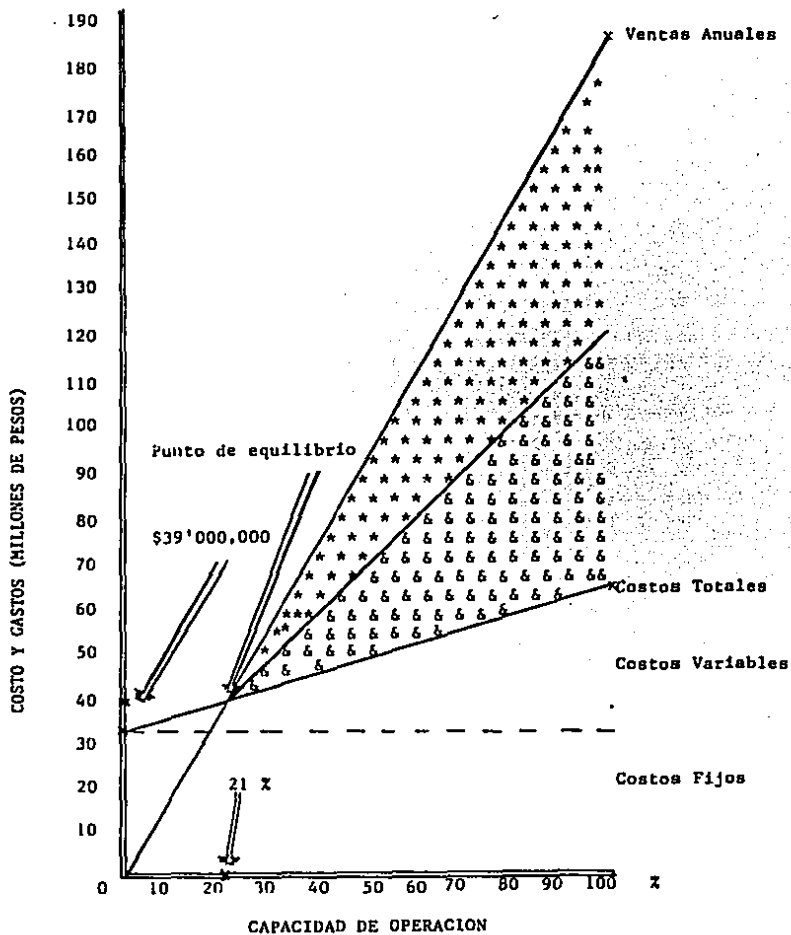
PUNTO DE EQUILIBRIO

\*\* Utilidad Neta.

\*\* +  $\frac{66}{66}$  = Impuestos y Reparto de Utilidades.

\*\* +  $\frac{66}{66}$  = Utilidad Bruta.

Gráfica 1 : Para un precio de venta de \$ 145.



\*\* Utilidad Neta.

⊘⊘ Impuestos y Reparto de Utilidades.

\*\* + ⊘⊘ = Utilidad Bruta.

Gráfica II: Para un precio de venta de \$ 300.

C O N C L U S I O N E S



## IX. CONCLUSIONES.

Por medio de este estudio y en base a los resultados obtenidos se puede concluir que el proceso es rentable y satisfactorio.

El conseguir este tipo de operación ayudará a mejorar las condiciones de la planta evitando un foco más de contaminación y consiguiendo un provecho tanto para el productor como para el consumidor, ya sea el avicultor o el fabricante de alimentos balanceados.

El cascarón de huevo en polvo tiene la capacidad de competir con el carbonato de calcio grado alimenticio ya que cumple con todas las especificaciones y añade otras a su haber, como lo es el contenido de proteínas, fibra y sales. Su color a pesar de ser "marfil" es aceptable y aplicable a infinidad de formulaciones de dietas infantiles y adultas. Tiene facilidad de almacenamiento, mayor vida útil, pudiendo ser además utilizado en gran variedad de alimentos preparados o compuestos.

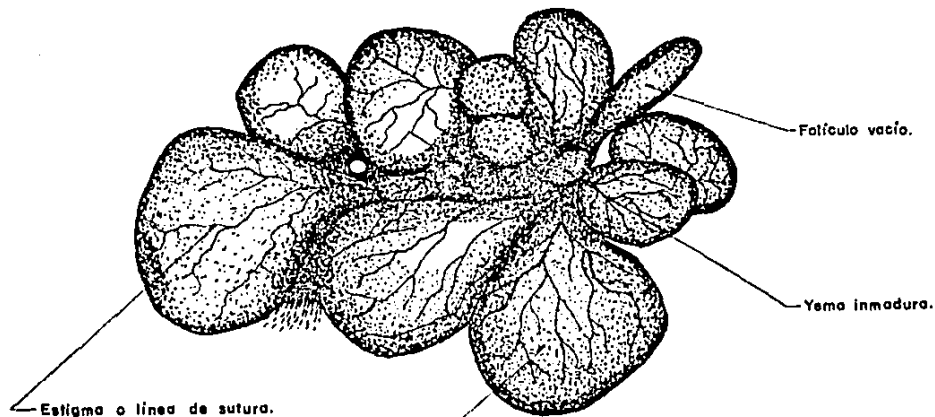
Otra ventaja de este producto es su precio de venta fijado en --- \$ 300 contra \$ 500 y \$ 720, como se encuentra en el mercado actual.

La capacidad del equipo satisface la producción y da la opción a utilizarse para deshidratar otros productos de desecho alimenticio en la misma empresa.

Por lo anterior, se considera conveniente hacer un estudio posterior para incrementar el secado de esta materia prima, recogiendo o comprándolo a diversas compañías que quiebran huevo. Sugiriéndose también utilizar un equipo con sistema de secado rotatorio, para obtener mayores dividendos dentro de la compañía.

E S Q U E M A S

FIGURA 1



Estigma o línea de sutura.

Folículo vacío.

Yema inmadura.

Yema madura  
dentro del saco de  
la yema o folículo.

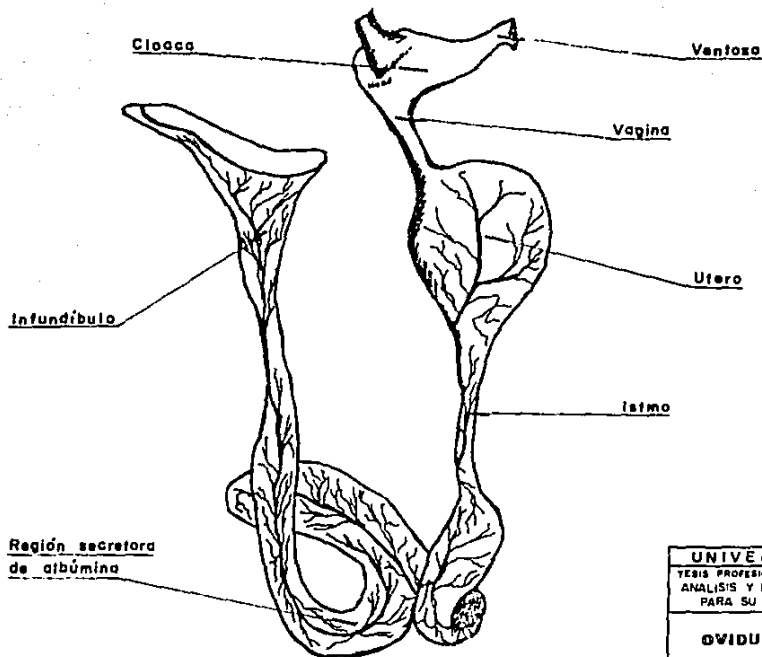
UNIVERSIDAD LA SALLE

TESIS PROFESIONAL  
ANÁLISIS Y PROCESO DEL CASCARÓN DE HUEVO  
PARA SU USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL

OVARIO DE LA GALLINA

Elaboró: MA GERMINA RODRÍGUEZ DE LEO 1 9 8 8

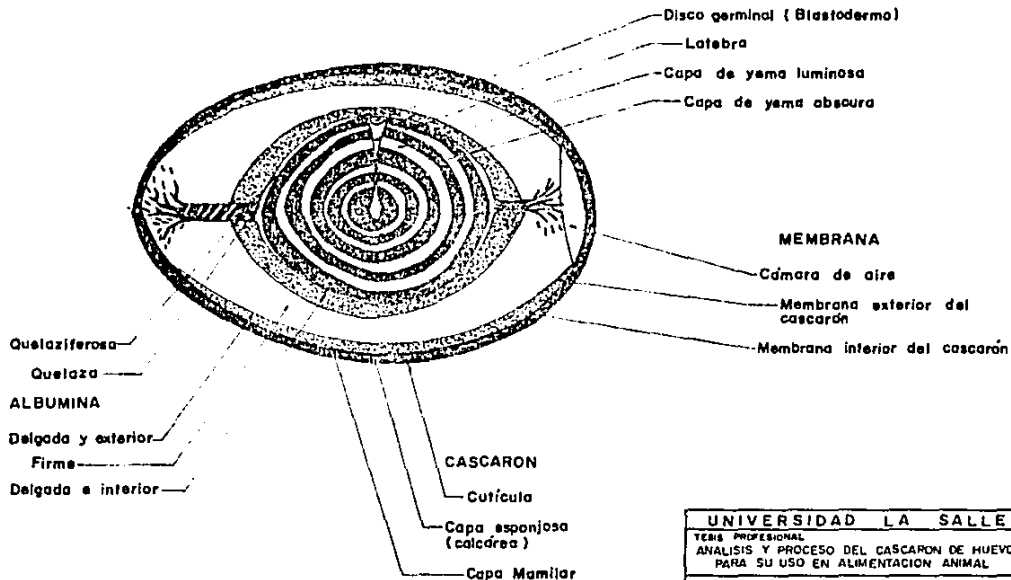
FIGURA 2



|  |
|--|
| UNIVERSIDAD LA SALLE   |
| TESIS PROFESIONAL  |
| ANÁLISIS Y PROCESO DEL CASCARÓN DE HUEVO<br>PARA SU USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL |
| <b>OVIDUCTO DE LA GALLINA</b>  |
| El Estero, MA. GEORGINA RODRIGUEZ DE LEO   1 9 8 9                             |

YEMA

FIGURA 3



UNIVERSIDAD LA SALLE

TESIS PROFESIONAL  
ANÁLISIS Y PROCESO DEL CASCARÓN DE HUEVO  
PARA SU USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL

PARTES DEL HUEVO

Elaboró: MA. GERTRUDA RODRÍGUEZ DE LED 1988

FIGURA 4

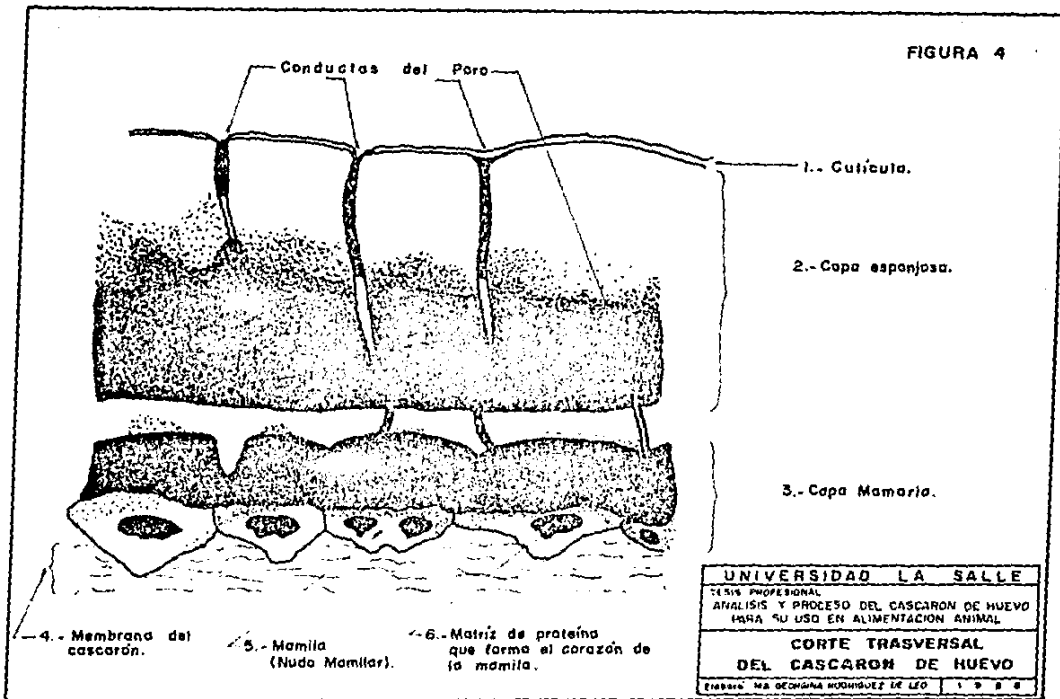
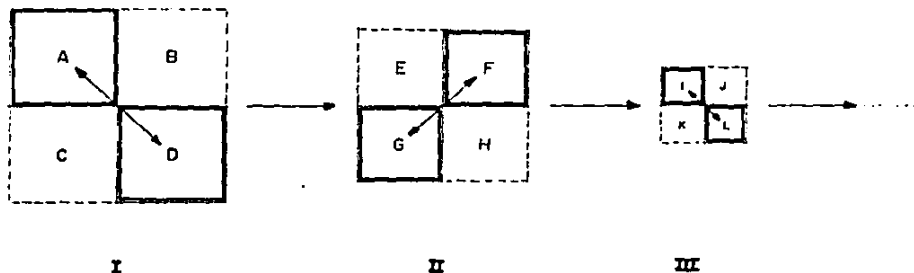
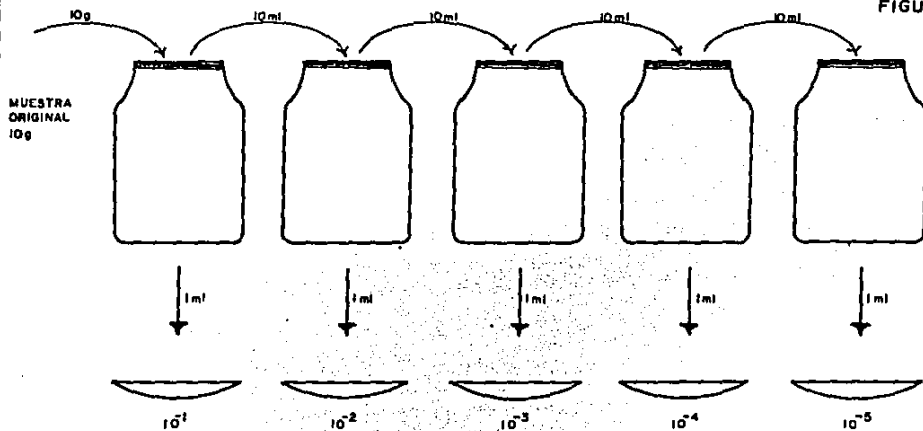


FIGURA 5



UNIVERSIDAD LA SALLE  
TESIS PROFESIONAL  
ANÁLISIS Y PROCESO DEL CÁSCARO DE  
HUEVO PARA SU USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL  
**PREPARACIÓN DE MUESTRAS  
POR CUARTEO**  
Elaboró: MA. DECORINA RODRÍGUEZ DE LEO | 2000

FIGURA 6



|   |                              |
|---|------------------------------|
| UNIVERSIDAD LA SALLE  |                              |
| TESIS PROFESIONAL   |                              |
| ANÁLISIS Y PROCESO DEL CASCARÓN DE HUEVO PARA SU USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL |                              |
| DILUCION DE MUESTRAS  |                              |
| Estepa  | MA. GERMANA RODRIGUEZ DE LEO |



FIGURA 7

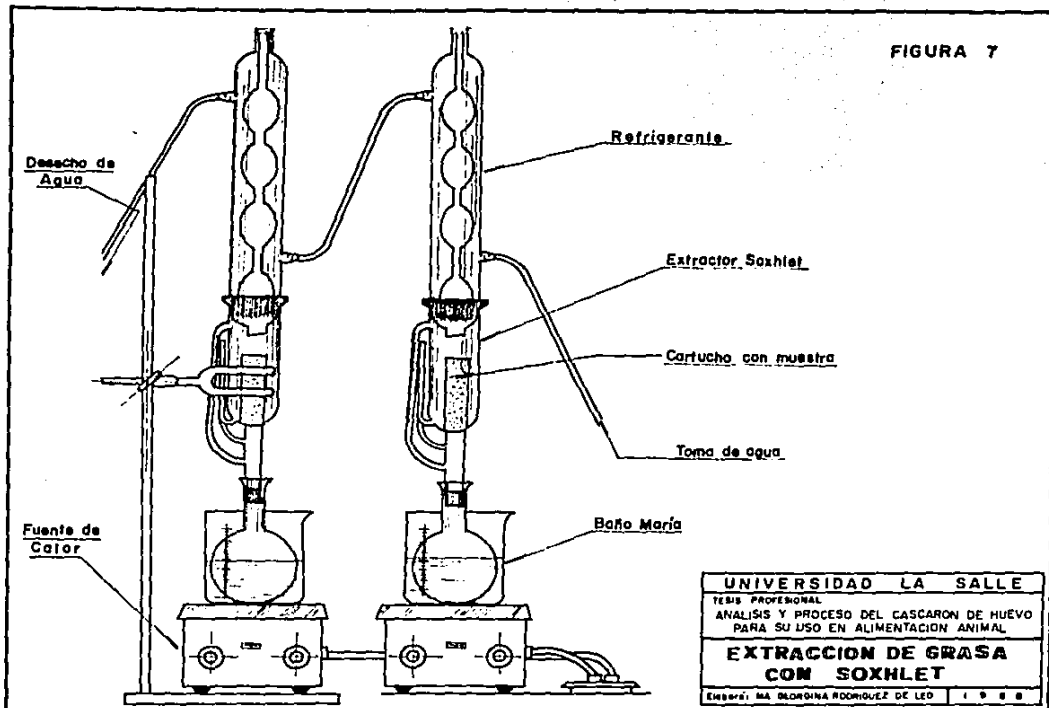
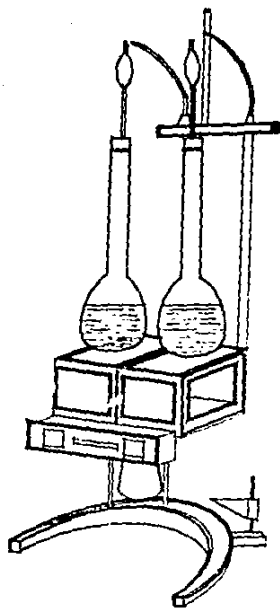
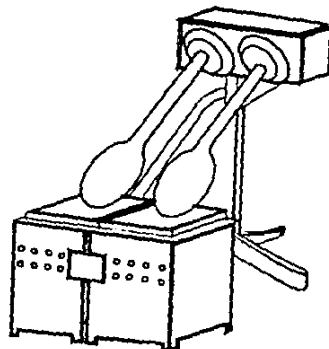


FIGURA 8



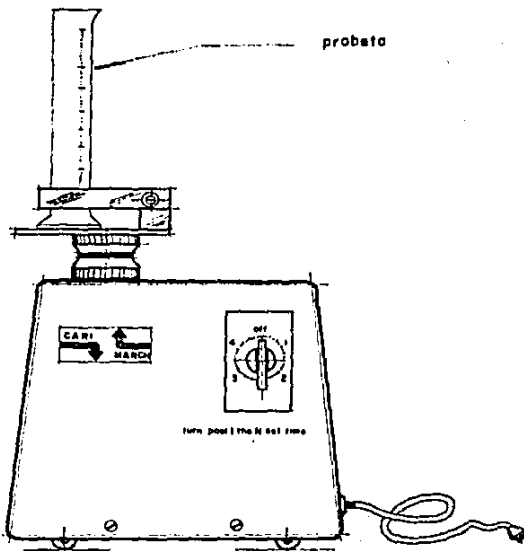
Destilación



Digestión

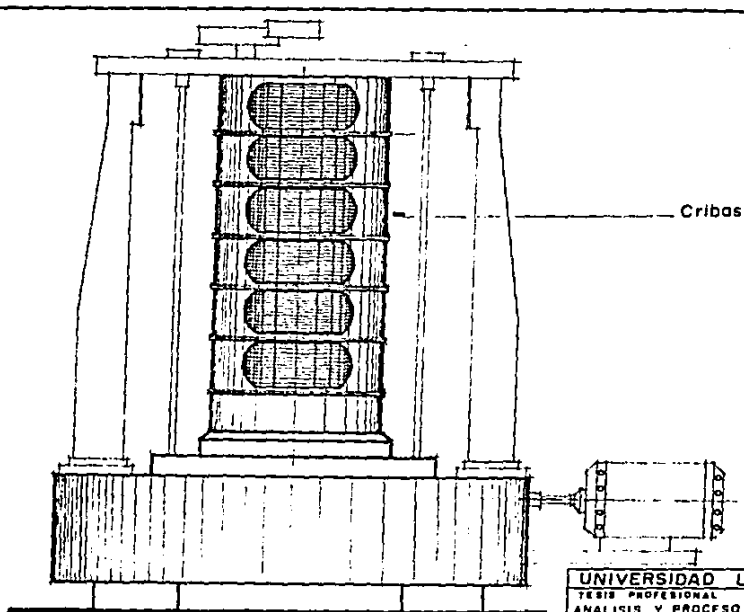
|   |
|---|
| UNIVERSIDAD LA SALLE  |
| TECNOLOGÍA PROFESIONAL  |
| ANÁLISIS Y PROCESO DEL CÁSCARO DE HUEVO<br>PARA SU USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL |
| DESTILACIÓN Y<br>DIGESTIÓN KJELDAHL   |
| ELABORÉ: MA. GEORGINA RODRÍGUEZ DE LEO   2022                                 |

FIGURA 9



|  |
|--|
| UNIVERSIDAD LA SALLE   |
| TESIS PROFESIONAL  |
| ANÁLISIS Y PROCESO DEL CASCARÓN DE HUEVO<br>PARA SU USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL |
| <b>COMPACTADOR MECÁNICO</b>  |
| Elaboró: M.A. GEORGINA RODRÍGUEZ DE LEGO 1 9 8 8                               |

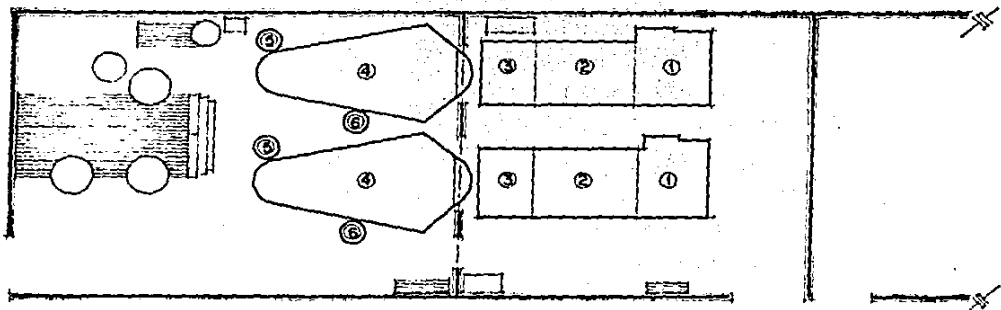
FIGURA 10



UNIVERSIDAD LA SALLE  
TESIS PROFESIONAL  
ANÁLISIS Y PROCESO DEL CASCARÓN DE  
HUEVO PARA SU USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL  
**VIBRADOR**  
Elaboró: Mg. GEORGINA R. DE LEO 1 9 8 8

**PLANTA**

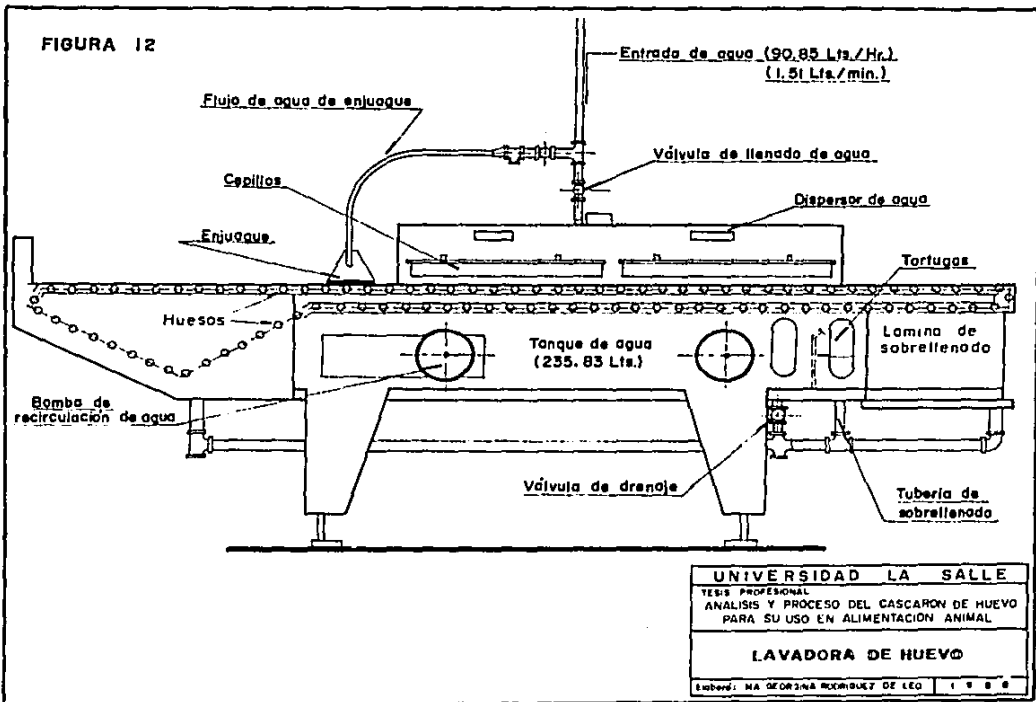
**FIGURA II**



- 1) ALIMENTACION.
- 2) LAVADO.
- 3) SELECCION (OVOSCOPIO).
- 4) QUEBRADO.
- 5) SELECCION SUBPRODUCTOS.
- 6) RECEPCION DEL CASCARON.

|  |           |
|--|-----------|
| <b>UNIVERSIDAD LA SALLE</b>  |           |
| TESIS PROFESIONAL  |           |
| ANÁLISIS Y PROCESO DEL CASCARÓN DE HUEVO<br>PARA SU USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL |           |
| <b>LINEAS DE LAVADO Y QUEBRADO</b>   |           |
| Elaboró: MA. SEORAMA RODRÍGUEZ DE LEO  | I * 8 * 8 |

FIGURA 12



|   |
|---|
| <b>UNIVERSIDAD LA SALLE</b>   |
| TESIS PROFESIONAL<br>ANÁLISIS Y PROCESO DEL CASCARÓN DE HUEVO<br>PARA SU USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL |
| <b>LAVADORA DE HUEVO</b>  |
| Elaboró: MA GORZANA RODRIGUEZ DE LEO      1 9 8 8   |

FIGURA 13

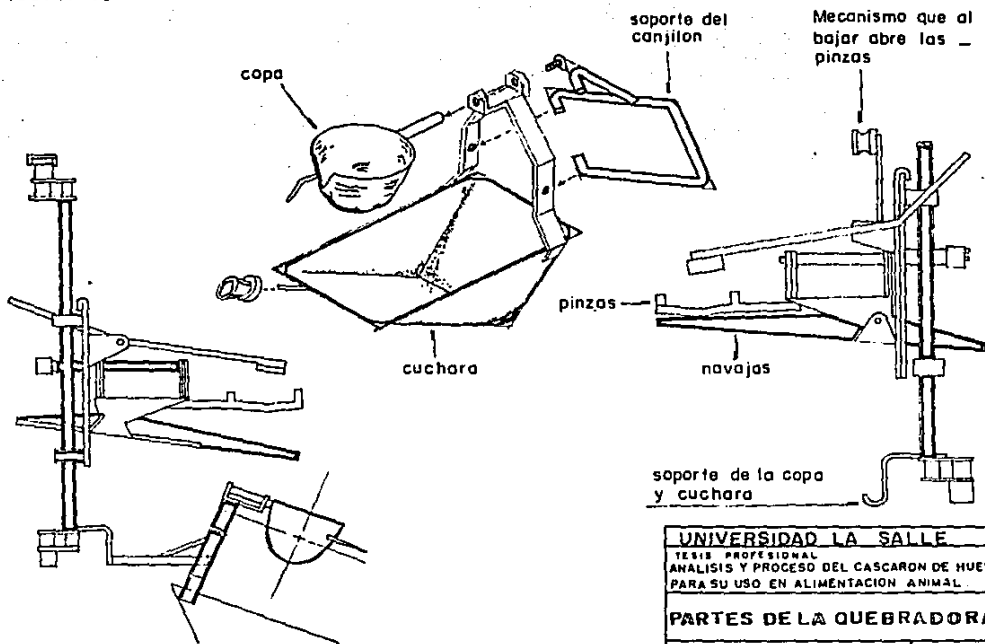
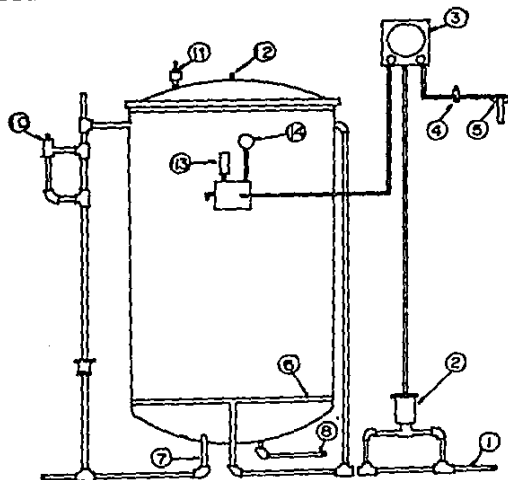


FIGURA 14



- |                           |                              |
|---------------------------|------------------------------|
| 1.- Vapor                 | 9.- Tubo para purga          |
| 2.- Válvula reguladora    | 10.- Válvula de alivio       |
| 3.- Controles             | 11.- Válvula de seguridad    |
| 4.- Válvula reguladora    | 12.- Purga de incondensables |
| 5.- Filtro                | 13.- Termómetro              |
| 6.- Distribuidor de vapor | 14.- Manómetro.              |
| 7.- Drenaje               |                              |
| 8.- Agua.                 |                              |

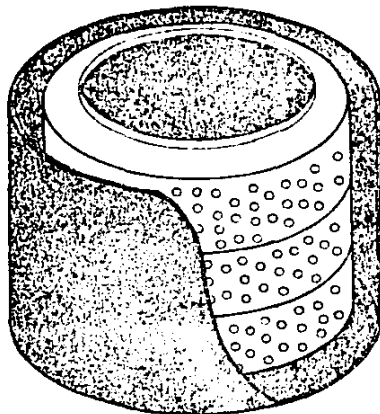
UNIVERSIDAD LA SALLE  
 TESIS PROFESIONAL  
 ANÁLISIS Y PROCESO DEL CASCARÓN DE HUEVO  
 PARA SU USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL.

**AUTOCLAVE VERTICAL**

Diseño: NA. GEORGINA RODRIGUEZ DE LEO 1992



FIGURA 15



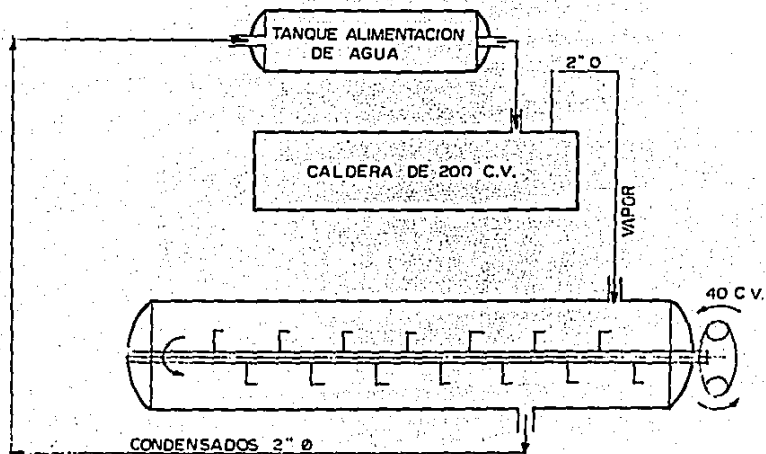
UNIVERSIDAD LA SALLE

TESIS PROFESIONAL  
ANÁLISIS Y PROCESO DEL CASCARÓN DE HUEVO  
PARA SU USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL

**CENTRIFUGA**

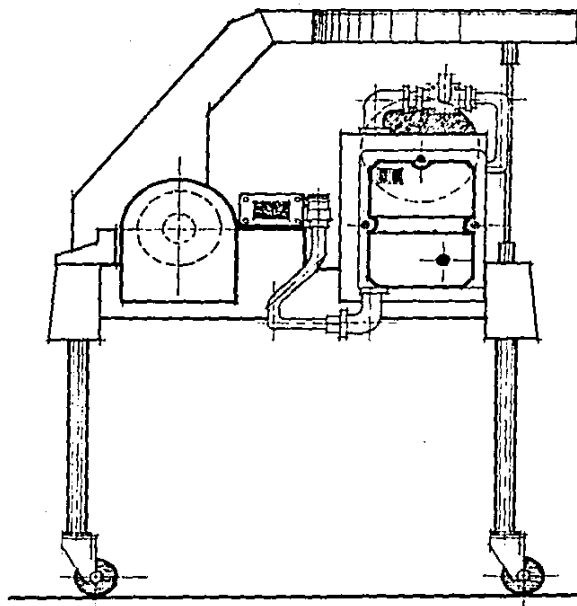
Elaboró: M.A. BEORHINA RODRIGUEZ DE LEO 1 9 9 8

FIGURA 16



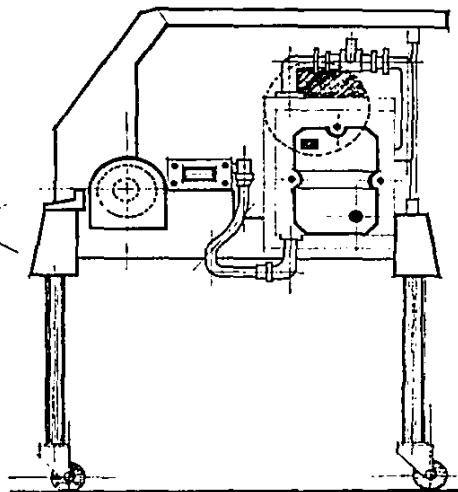
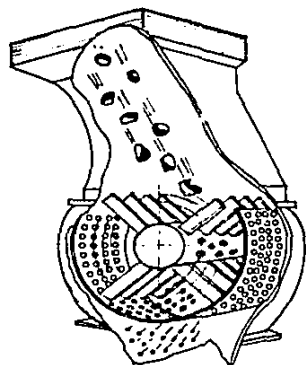
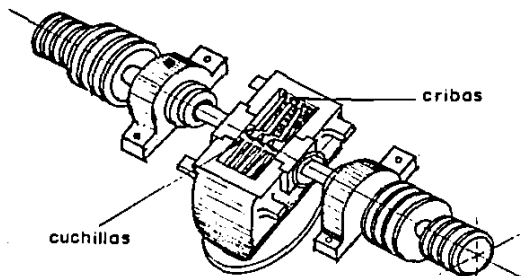
|  |      |
|--|------|
| <b>UNIVERSIDAD LA SALLE</b>  |      |
| TESIS PROFESIONAL  |      |
| ANÁLISIS Y PROCESO DEL CASCARÓN DE HUEVO<br>PARA SU USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL |      |
| <b>DIAGRAMA DE VAPOR DEL<br/>COCEDOR</b>                                       |      |
| Elaboró: MA GEORGINA RODRIGUEZ DE LED  | 1988 |

FIGURA 17



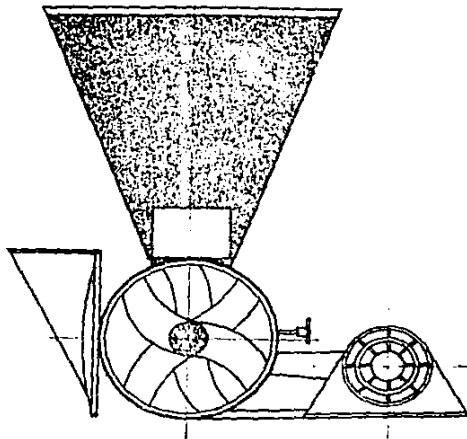
|  |
|--|
| <b>UNIVERSIDAD LA SALLE</b>  |
| TESIS PROFESIONAL<br>ANÁLISIS Y PROCESO DEL CÁSCARO DE HUEVO<br>PARA SU USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL |
| <b>MOLINO DE MARTILLOS</b>   |
| Elaboró: MA GEORGINA RODRÍGUEZ DE LEO 1 9 8 8  |

FIGURA 18



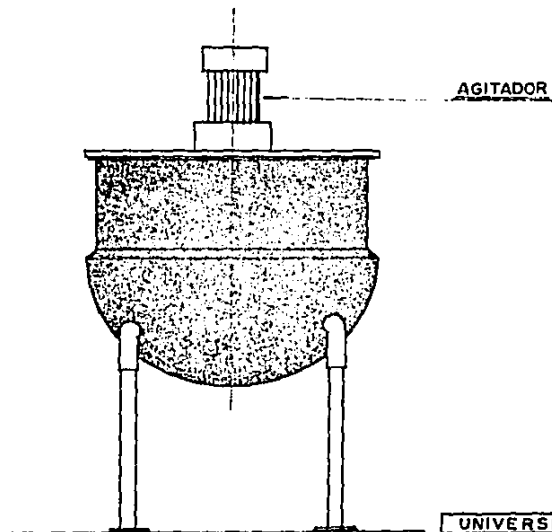
UNIVERSIDAD LA SALLE  
TESIS PROFESIONAL  
ANÁLISIS Y PROCESO DEL CASCARÓN DE HUEVO  
PARA USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL  
**MOLINO DE MARTILLOS**  
Elaboró: NA GEORGINA RODRÍGUEZ DE LEO 1998

FIG. 10



|  |
|--|
| <b>UNIVERSIDAD LA SALLE</b>  |
| TESIS PROFESIONAL:<br>ANÁLISIS Y PROCESO DEL CASCARÓN DE NUEVO<br>PARA SU USO EN ALIMENTACION ANIMAL |
| <b>MOLINO DE TURBINA</b>   |
| Elaboró: MA REGINA RODRIGUEZ DE LEO   1998   |

FIG. 20



UNIVERSIDAD LA SALLE

TESIS PROFESIONAL

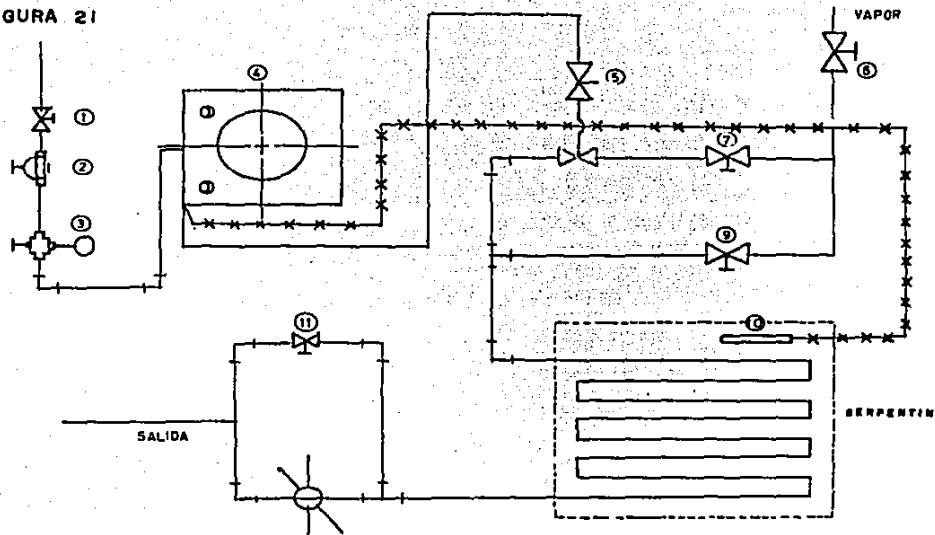
ANÁLISIS Y PROCESO DEL CARCARN DE HIERVO  
PARA SU USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL

PAILA CON CHAQUETA VAPOR

Elaboró: MA. GORDINA RODRÍGUEZ DE LEO

1988

FIGURA 21



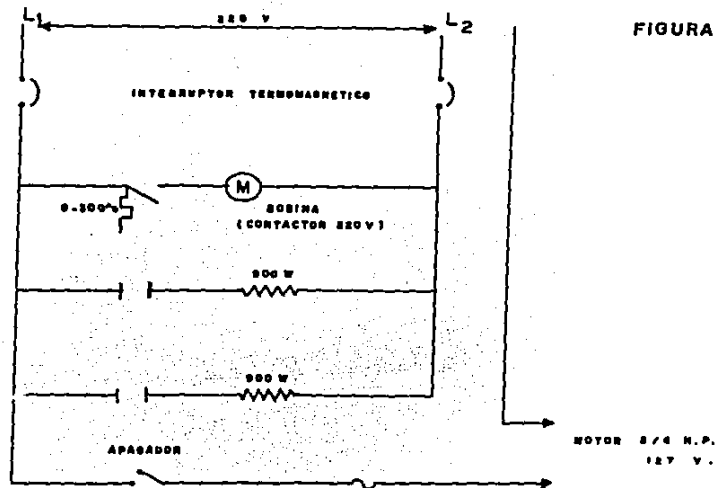
NOMENCLATURA

- 1.- VALVULA ALIMENTACION DE AIRE
- 2.- FILTRO DE AIRE
- 3.- REGULADOR DE AIRE
- 4.- CAJA DE CONTROL
- 5.- VALVULA TAYLOR
- 6.- VALV. COMP. ALIMENTACION VAPOR

- 7.- VALV. COMP. CONTR LADA
- 8.- VALV. TAYLOR CONTROLADA
- 9.- VALV. COMP. DIRECTA
- 10.- BULBO
- 11.- VALV. GLOBE PARA PURGA.

UNIVERSIDAD LA SALLE.  
 TESIS PROFESIONAL:  
 ANALISIS Y PROCESO DEL CASCARON DE HUEVO PARA SU USO EN LA ALIMENTACION ANIMAL  
 DIAGRAMA DE VAPOR DE SECADOR DE CHAROLAS  
 Elab. por: MA. GEORGINA RODRIGUEZ DE LEO 1988

FIGURA 22



ELEMENTO TERMICO  
 (PROTEGE AL MOTOR DEL APASADOR)  
 SE TIENE QUE BAJAR EL APASADOR  
 CUANDO EL TRINQUETE SE DESCONECTA.

UNIVERSIDAD LA SALLE  
 TESIS PROFESIONAL:  
 ANALISIS Y PROCESO DEL CASCARON DE HUEVO  
 PARA SU USO EN ALIMENTACION ANIMAL  
**DIAGRAMA ELECTRICO DE  
 SECADOR DE CHAROLAS**  
 Echebur, MA, GEORGINA RODRIGUEZ DE LEO | 989



FIGURA 23

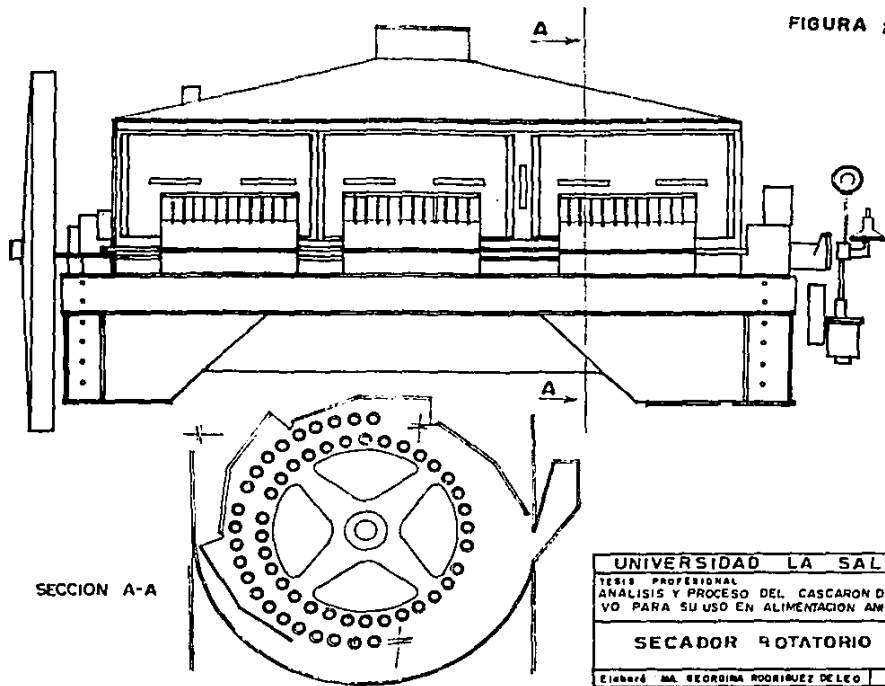
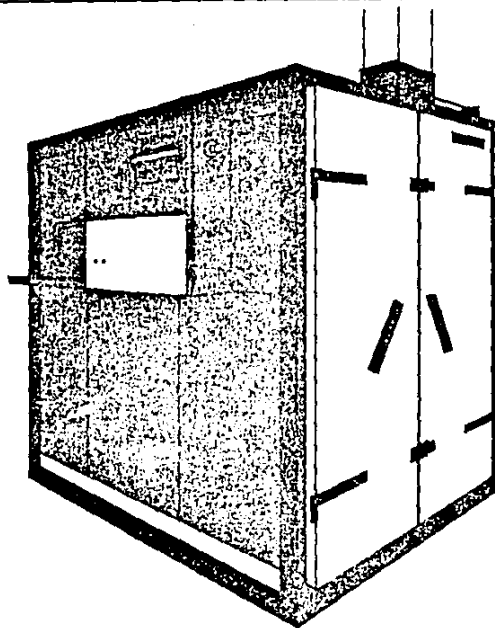


FIGURA 24.



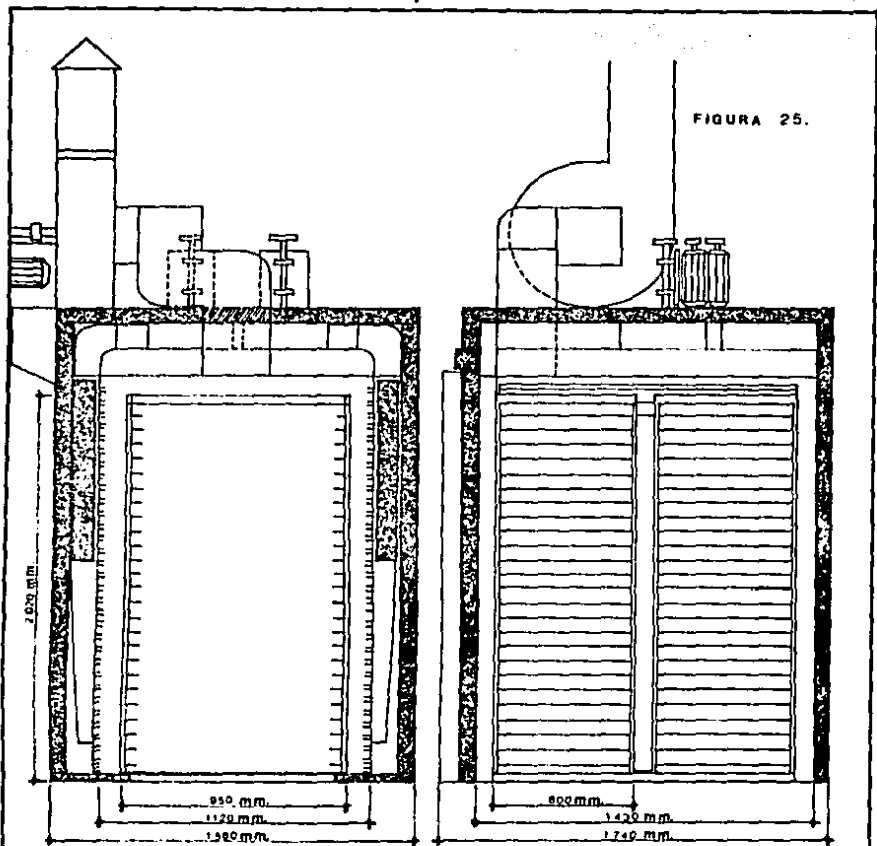
UNIVERSIDAD LA SALLE.

ANÁLISIS Y PROCESO DEL CASCARÓN DE HUEVO  
PARA SU USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL.

Secador de charolas.

Ma. Georgina Rodríguez de Leo. 1988.

FIGURA 25.



cortes frontal y lateral del  
secador.

Esc. 1:20

UNIVERSIDAD LA SALLE.

ANÁLISIS Y PROCESO DEL CASCARÓN DE HUEVO  
PARA SU USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL.

Secador de charolas.

Mo. Georgino Rodríguez de Leo. 1988.

B I B L I O G R A F I A

## BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Altamirano, A.: Manual de Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos. 2a. Edición, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos División de Nutrición Experimental y Ciencia de Alimentos, México, 1984.
- 2.- Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis. 14a. Ed., AOAC, U.S.A., 1984.
- 3.- Charley, H.: Food Science. John Wiley & Sons, Inc., 1970.
- 4.- Charm, S.E.: The Fundamentals of Food Engineering. 3a. Ed. The -- AVI Publishing Company, Inc., U.S.A. 1978.
- 5.- Desrosier, N.W.: Conservación de Alimentos. Compañía Editorial-Continental, S.A., U.S.A., 1972.
- 6.- Devi, I.: Yoga para todos. 11a. Edición, Editorial Diana, México, 1966.
- 7.- Earle, R.L.: Ingeniería de los Alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza, España, 1979.
- 8.- Food Chemicals Codex. 2a. Ed., National Academy of Sciences, Washington, D.C., U.S.A., 1972.
- 9.- Foust, A.S. y col.: Principios de Operaciones Unitarias. Compañía Editorial Continental, S.A México, 1970.
- 10.- Frazier, W.C.: Microbiología de los Alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza, España, 1976.
- 11.- Ganong, W.F.: Manual de Fisiología Médica 7a. Edición, Editorial El Manual Moderno, México, 1980.
- 12.- Gómez G.S. y Urrusti, J.: Estandarización del Proceso Bacteriológico del Programa de Control de Guarderías en la Jefatura de Servicios Médicos en Estados, Campo y Solidaridad Social. Bioxon de México, S.A., México.
- 13.- Graham, H.D.: Food Colloids. The AVI Publishing Company, Inc., -- U.S.A., 1977.
- 14.- Himmelblau, D.M.: Principios y Cálculos básicos de la Ingeniería Química. Compañía Editorial Continental, S.A. México, 1980.
- 15.- Jamieson, M. y Jobber, P.: Manejo de los Alimentos; Ecología del Almacenamiento. Editorial Pax-México, México, 1974.
- 16.- Jamieson, M. y Jobber, P.: Manejo de los Alimentos; Técnicas de su Conservación. Editorial Pax-México, México, 1975.
- 17.- Kirk-Othmer: Encyclopaedia of Chemical Technology. 3a. Ed., John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., Vol. IV, pp 429-435, 1978.

- 18.- Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology. 3a. Ed., John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., Vol. VIII, pp 429-445, 1979.
- 19.- Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology. 3a. Ed., John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., Vol. XIV. pp 343-382, 1981.
- 20.- Manual de Medios de Cultivo de Bioxon. Bioxon de México, S.A., Oaxaca, México.
- 21.- Merck Sharp & Dohme International: El Manual Merck. 4a. Ed. , New Jersey, U.S.A., 1968.
- 22.- Nota de la Garza y col.: Manual de Laboratorio de Microbiología Sanitaria. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P.N., México, 1982.
- 23.- Mountney, G.L.: Poultry Products Technology. 2a. Edición, The AVI Publishing Company, Inc., U.S.A., 1976.
- 24.- Ocon, G.J. y Tojo B.G.: Problemas de Ingeniería Química Operaciones Básicas. 3a. Edición, Colección Ciencia y Técnica Aguilar, España, Tomo I, 1980.
- 25.- Ocon, G.J. y Tojo B.G.: Problemas de Ingeniería Química Operaciones Básicas. 1a. Edición, Colección Ciencia y Técnica Aguilar, España, Tomo II, 1980.
- 26.- Orozco, D.F.: Análisis Químico Cuantitativo. Editorial Porrúa, S.A., México, 1979.
- 27.- Pearson, D.: Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza, España, 1976.
- 28.- Perry, J.H.: Chemicals Engineers Handbook. Mc. Graw Hill Book Company, Inc. U.S.A., 1950.
- 29.- Pike, R.L. y Brown, M.L.: Nutrition. An Integrates Approach. 2a. Ed., John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 1975.
- 30.- Potter, N.: La Ciencia de los Alimentos. EDUTEX, S.A., México, -- 1978.
- 31.- Rase, H.F. y Barrow, M.H.: Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso. Compañía Editorial Continental, S.A., México, 1981.
- 32.- Romanooff, A.L. y Romanoff, A.J.: The Avian Egg. John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 1949.
- 33.- Standelman, W.J. y Cotterill, G.J.: Egg Science and Technology. -- The AVI Publishing Company, Inc., U.S.A., 1973.
- 34.- Vogel, A.I.: Química Analítica Cuantitativa. Editorial Kapelusz, Argentina, Vol. I., 1960.
- 35.- Yamane, T.: Estadística. 3a., Editorial Harba, S.A., México, 1974.
- 36.- Winton, A.L. y Winton, K.B.: Structure and Composition of Foods. John Wiley & Sons, Inc. U.S.A., Vol. III, 1949.

## HEMEROGRAFIA.

- a.- Arhienbuwa, F.E., Alder, H.E. y Wiggins, A.D.: A Methods of Surveil  
llance for Bacteria on the Shell of Turkey Eggs. Poultry Sci., - -  
59: 28-33, 1980.
- b.- Arvat, V. y Hinners, S.W.: Evaluation of Egg Shells as a Low Cost  
Calcium Source for Laying Hens. Poultry Sci., 52: 1996, 1973.
- c.- Baker, J.R. y Balch, D.A.: A Study of the Organic Material of Hen's  
Egg Shell. Biochem. J., 82: 352-370, 1962.
- d.- Britton, W.M.: Shell Membranes of Eggs Differing in Shell Quality  
from Young and Old Hens. Poultry Sci., 56: 647-653, 1977.
- e.- Britton, W.M. y Hale, K.K.: Amino Acid Analysis of Shell Membranes  
of Eggs from Young y and Old Hens Varying in Shell Quality. Poultry  
Sci., 56: 865-871, 1977.
- f.- Cohen, A., Bar, A., Eisner, U. y Hurwitz, S.: Calcium Absorption, -  
Calcium Binding Protein, and Egg Shell Quality in Laying Hens Fed  
Hydroxylated Vitamin D Derivatives. Poultry Sci., 57: 1646-1651,  
1978.
- g.- Damron, B.L. y Harms, R.H.: Interaction of Dietary Salt, Calcium  
and Phosphorus Levels for Laying Hens. Poultry Sci., 59: 82-85, --  
1980.
- h.- Denton, J.H., Mellor, D.B. y Gardner, F.A.: The Effect of Egg Car-  
ton and Case Type on Egg Shell Damage. Poultry Sci., 60: 142-144,  
1981.
- i.- Frank, F.R., Burger, R.E. y Swanson, M.H.: The Relationship among  
shell membrane, selected chemical properties, and the resistance  
to shell failure of Gallus domesticus eggs. Poultry Sci., 44:63-69  
1965.
- j.- Givens, J.W. Almqvist, H.J. y Stokstad, E.L.R.: Transmission of -  
Light Through Egg Shell. Industrial and Engineering Chemistry, - -  
27: 972-973, 1935.
- k.- Gleaves, E.W., Mather, F.B. y Ahmad, M.M.: Effects of Dietary Cal  
cium, Protein and Energy on Food Intake, Egg Shell Quality and -  
Hen Performance. Poultry Sci., 56: 402-406, 1977.
- l.- Heath, J.L., Owens, S.L. y Goble, J.W.: Ultrasonic Vibration as -  
an Aid in the Acetic Acid Method of Cleaning Eggs. Poultry Sci.,  
59: 737-742, 1980.
- m.- Kuhl, H.J., Holder, D.P. y Sullivan, T.W.: Influence of Dietary  
Calcium Level, Source and Particle Size on Performance of Laying  
Chickens. Poultry Sci., 56: 605-611, 1977.
- n.- Lott, B.D. y Reece, F.N.: The Effect of Ambient Air Moisture and  
Temperature on Egg Shell Breaking Strength. Poultry Sci., - - -  
60: 142-144, 1981.

- o.- Mc. Naughton, J.L.: Effect of Calcium Carbonate Particle Size on the Available Phosphorus Requirement of Broiler Chicks. Poultry -- Sci., 60: 197-203, 1981.
- p.- Roland, D.A., Putman, C.E. y Hilburn, R.L.: The Relationship of -- Age on Ability of Hens to Maintain Egg Shell Calcification When -- Stressed With Inadequate Dietary Calcium. Poultry Sci., 57:1616-1621 1978.
- q.- Stemberger, B.H., Nuller, W.J. y Leach, R.M.: Microscopic Study of the Initial Stages of Egg Shell Calcification. Poultry Sci., - - - 56: 537-543, 1977.
- r.- Stevenson, I.L.: The Removal of Egg Shell Membranes by Enzyme Treat<sup>ment</sup> to Facilitate the Study of Shell Microstructure. Poultry Sci., 59: 1959-1960. 1980.
- s.- Stout, J.T. y Buss, E.G.: Influence of the Interval of Shell Depos<sup>ition</sup> on Egg Shell Quality. Poultry Sci., 59: 168-171, 1980.
- t.- Vandepopuliere, J.M., Mc Kinney, C.W. y Walton, H.V.: Value of Egg Shell Meal as a Poultry Feedstuff. Poultry Sci., 52: 2096, 1973.
- u.- Vandepopuliere, J.M., Walton, J.M. y Cotterill, O.J.: Nutritional Evaluation of Egg Shell Meal, Poultry Sci., 54: 131-135, 1975.
- v.- Walton, H.V., Cotterill, O.J.: Composition of Egg Shell Wastes from Egg Breaking Plants. Poultry Sci., 51: 1884, 1972.
- w.- Walton, H.V., Cotterill, O.J., Vandepopuliere, J.M.: Composition of Shell Waste from Egg Breaking Plants. Poultry Sci., 52: 1836-1840, 1973.