

REVISION BIBLIOGRAFICA

Formación y Estructura del Huevo

Los huevos de la gallina se producen no para el consumo del hombre sino para la reproducción (fig. 1). Las yemas que contienen la célula germinativa de la hembra se forman en el ovario de la gallina. Estas yemas caen dentro de la boca del oviducto, por el que pasan lentamente. En el camino, se cubren de capas de clara producidas por las células secretoras de albúmina luego de tejido de membrana de otras células secretoras de proteína y finalmente de calcio y otros minerales cerca del fondo del oviducto, y que forman el cascarón. (Frazier, 1978)

Esto sucede sin que importe que la gallina esté fertilizada o no. Durante la fertilización, el espermatozoide sube por el oviducto hasta la yema y, a fin de lograr la fertilización, tiene que alcanzarla antes de que se depositen la albúmina y el cascarón. (Frazier, 1978)

Esta secuencia ayuda a explicar varios defectos que pueden encontrarse en los huevos con cascarón destinados a servir como alimento humano: las yemas fertilizadas producen embriones: la ruptura en el ovario o en el oviducto

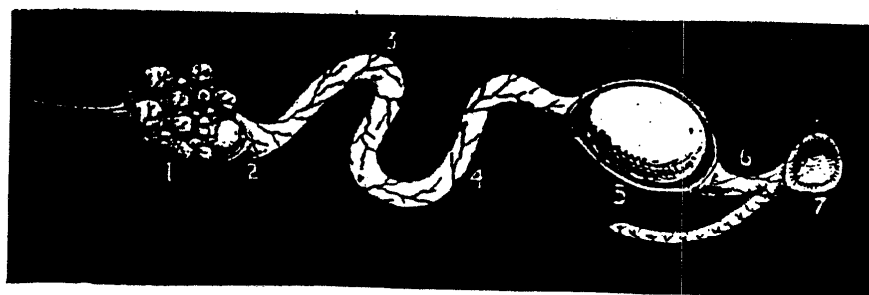


Fig. 1 FORMACION DEL HUEVO; APARATO GENITAL DE LA GALLINA
1) OVARIO; 2) INFUNDIBULO; 3) PORCION SECRETORA DE
ALBUMINA; 4) ISTMO; 5) CAMARA CALCAREA; 6) PORCION
INFERIOR DEL OVIDUCTO; 7) CLOACA

Fuente: Rodriguez, 1956

pueden producir manchas de sangre y a veces partículas de carne: las enfermedades del ovario o del oviducto pueden resultar en huevos infectados de bacterias o parásitos aun dentro del cascarón intacto. Sin embargo, el contenido de los huevos (sin romper) de una ave sana, generalmente están estériles cuando se acaban de poner. (Frazier, 1978)

La estructura del huevo resulta de la secuencia de acontecimientos que ocurren en el oviducto (fig. 2). La yema central está rodeada de una membrana llamada vitelina. Fuera de ésta está otra capa de membrana conocida como capa quelaziferosa. La yema está unida a la albúmina densa o firme por dos extensiones de la capa quelaziferosa llamada quelaza. Vienen luego dos capas de albúmina, fluida y densa respectivamente, seguidas por otra de albúmina fluida. Fuera de ésta está el cascarón que tiene dos membranas interiores y, en su exterior, un revestimiento protector conocido como cutícula. (Frazier, 1978)

El cascarón es poroso, lo cual permite que entren y salgan gases para el embrión que se está desarrollando, si se trata de un huevo fertilizado. Cuando el huevo se envejece, a medida que el aire entra a través del cascarón, se agranda el espacio lleno de aire en el romo entre la membrana de la cáscara y ésta; si esta célula de aire está grande, es un indicio de que el huevo ha estado almacenado y que está menos fresco. Cuando se lavan los huevos, pierden el

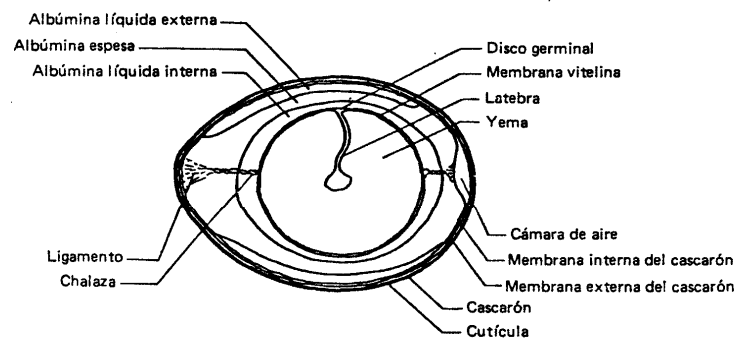


Fig. 2 ESTRUCTURA INTERNA DEL HUEVO
Fuente: Bourgeois, 1982

revestimiento exterior o cutícula, dejando expuestos los poros abiertos de la cáscara. Bajo estas condiciones, es más fácil que entren bacterias al interior del huevo o a través de los poros. (Frazier, 1978)

Calidad y Usos del Huevo

Un concepto difícil de definir es la calidad del huevo, puesto que los criterios varían según el personal que realiza la caracterización (Sauveur, 1978).

Para los productores de huevo de consumo predominan los criterios de clasificación comercial: rigidez del cascarón, limpieza del mismo, ausencia de defectos internos (manchas de sangre, de carne). (Bourgeois, 1982)

Para la industria agroalimentaria, los criterios son más variables y dependen del objeto buscado. Por ejemplo, se aprecia la acción emulsificante de la yema (mayonesa, salsa) o su acción colorante (pastelería), la capacidad de esponjamiento de la clara (bizcochos), sus propiedades coagulantes (cremas de postre, flanes), sus propiedades anticristalizantes (confitería), etc. El conjunto de criterios buscados se resume en la tabla (1).

Para el consumidor se considera primero la frescura, sin

INDUSTRIA	PROPIEDADES	SUBSTITUTOS
GALLETERIA Y PASTELERIA	AROMATICAS COAGULANTES COLORANTES EMULSIFICANTES ESPESANTES LIGANTES	COLORANTES EMULSIFICANTES PROTEINAS
EMBUTIDOS	LIGANTES	GELATINA Y ALMIDON PROTEINAS
CONFITERIA	ANTICRISTALIZANTES ESPESANTES	SACARIDOS PROTEINAS
FLANES Y ENTREMESES (CREMAS)	AROMATICAS COAGULANTES COLORANTES	AROMAS GELIFICANTES Y ALMIDON COLORANTES
HELADOS	LIGANTES	
MAYONESAS Y SALSAS	EMULSIFICANTES	PROTEINAS GOMAS Y ALMIDON
PASTAS ALIMENTICIAS	AROMATICAS COLORANTES LIGANTES	

Tabla 1 APLICACIONES BASADAS EN LAS PROPIEDADES FUNCIONALES
DEL HUEVO, DE SUS PRODUCTOS Y SUBSTITUTOS.
Fuente: Bourgeois, 1982

que se sepa con claridad de que se trata, despues el grosor del huevo, la integridad del cascarón, el precio. A estos criterios de selección se agregan además apreciaciones subjetivas tradicionales, profundas en el espíritu del consumidor: Por ejemplo, el color del cascarón y el de la yema. Independientemente del destino del huevo, la calidad bacteriológica se considera un factor importante. (Bourgeois, 1982)

Al desarrollarse las industrias agroalimentarias y la industrialización rápida de algunos sectores como galletas, platos cocinados, salsas, pastas alimentarias, se desarrolló una industria de productos del huevo que pronto aumentó y diversificó su producción: clara de huevo, yema y huevo entero, productos refrigerados, congelados, concentrados, secos. En 1978 esta producción representó 4.4 % de la producción total de huevo, mientras que en E.U.A. sobrepasaba a 10 %, también en Inglaterra y Japón, países donde esta industria ofrece una producción de más variedad.

Sin embargo, la evolución de esta joven industria ha tenido algunos problemas, en la actualidad, los productos del huevo disponibles en el mercado presentan aún importantes inconvenientes, principalmente de dos órdenes: calidad bacteriológica insuficiente a pesar de una pasteurización obligatoria pero aplicada con laxitud principalmente a la clara y propiedades tecnológicas con frecuencia

decepcionantes. De esta forma, muchos trabajos se han realizado hoy en día para disminuir la influencia de diferentes tratamientos tecnológicos sufridos por los productos del huevo en sus propiedades fisicoquímicas y funcionales (Thapon y col., 1979).

Propiedades Fisicoquímicas

El huevo, en virtud de sus propiedades fisicoquímicas, tiene muchas aplicaciones industriales. Su principal propiedad es la naturaleza coloidal de la yema y de la clara. Cuando se bate, la clara del huevo forma una espuma persistente cuyo volumen y estabilidad dependen de la edad del huevo y el tiempo de batido. (Desrosier, 1982)

La formación de espuma está subordinada también al pH y a la temperatura, y es modificada por la adición de agua, yema, azúcar, sal, leche, aceite y otras sustancias. (Desrosier, 1982)

La yema es una emulsión típica y sirve para emulsionar otra solución. Además es un buen estabilizador de emulsiones, propiedad que debe a la lecitoproteína (complejo de lecitina y proteína). (Desrosier, 1982)

Tanto la albúmina como otras proteínas del huevo se

coagulan a temperatura de 65-72 °C, constituyendo una gran importancia en la industria de los comestibles. (Desrosier, 1982)

Existen otros métodos de coagulación de albumina, es decir, por medio de ciertos agentes químicos, de la agitación mecánica y de las ondas sonoras de alta frecuencia. (Desrosier, 1982)

Composición Química

Los huevos contienen aproximadamente dos partes de clara por una de yema, en base al peso. El huevo entero contiene alrededor del 65% de agua, 12% de proteínas y 11% de grasa.

Pero las composiciones de la clara y la yema difieren considerablemente. Prácticamente toda la grasa está en la yema, y cuando los huevos se separan en clara y yema para determinados fines, es importante no mezclarlas, ya que aún una cantidad muy pequeña de grasa afectaría en forma adversa la capacidad de la clara 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 y K solubles en la grasa, y en fosfolípidos, entre ellos un emulsionante, la Lecitina. (Desrosier, 1982)

Valor Nutricional

Desde el punto de vista nutritivo, los huevos constituyen una buena fuente de grasa, proteínas, vitaminas y minerales, especialmente hierro, como se indica en la tabla (2).

Además de esto, la grasa que contiene el huevo constituye al colesterol, sustancia que en exceso en el cuerpo humano es consecuencia de engrosamiento de venas, es por esto que los dietéticos recomiendan un huevo diario. (Desrosier, 1982)

Alteraciones en Huevos

Algunos de los defectos de los huevos son evidentes sin más que observar su aspecto general. Otros se identifican al mirarlos contra un foco luminoso y otros sólo son observables cuando los huevos se han abierto. (Frazier, 1978)

FRACCION	%				
		AGUA	PROTEINAS	GRASA	CENIZA
HUEVO ENTERO	100	65.5	11.8	11.8	11.7
CLARA	58	88.0	11.0	0.2	0.8
YEMA	31	48.0	17.5	32.5	2.0
CASCARON	11				
		CARBONATO DE CALCIO	CARBONATO DE MAGNESIO	FOSFATO DE CALCIO	MATERIA ORGANICA
		94.5	1.0	1.0	4.0

Tabla 2 VALOR NUTRICIONAL DEL HUEVO
Fuente: Desrosier, 1982

Frescos

Los huevos pueden tener grietas, fugas, pérdida de la frescura o cutícula superficial, manchas coloreadas o sucias en su exterior, o coágulos de sangre; a veces la yema se halla totalmente ensangrentada o presenta manchas translúcidas cuando se examina por iluminación al trasluz. Cualquier rotura de la cáscara o la presencia de suciedad favorecen considerablemente las alteraciones que sufren durante el almacenamiento. (Frazier, 1978)

Durante el Almacenamiento

Las alteraciones sufridas por los huevos durante su almacenamiento a temperatura ambiente son causadas por microorganismos y otras son ajenas a la acción de los mismos.

De Origen no Microbiano.- Los huevos no tratados pierden agua y peso durante el almacenamiento. Su disminución de volumen queda demostrada por el tamaño que adquiere la cámara de aire (observable al trasluz). Los cambios más importantes son los experimentados en el estado físico del

huevo, lo que se pone de manifiesto bien por ovoscopia o mediante la apertura del huevo. La clara pierde espesor y se hace acuosa a medida que huevo envejece. La membrana vitelina se debilita. Cuanto peor es el huevo tanto mas móvil es la yema y tanto más se aproxima a la cáscara cuando se mueve mientras se observa al trasluz. Si se rompe un huevo viejo y se vierte sobre un plato liso se pone más de manifiesto la fluidez de la clara. La debilidad de la membrana de la yema permite, por otra parte, que ésta se aplane más e incluso que se rompa. Un huevo fresco muestra, en cambio, una clara espesa y una yema que se mantiene tersa y conserva forma hemisférica. (Frazier, 1978)

La alcalinidad de la clara aumenta durante el almacenamiento; su pH normal es de 7.6 a 9.5. El desarrollo del embrión, por escaso que sea, basta para que el huevo se rechace. (Frazier, 1978)

De Origen Microbiano.- Para que un microorganismo produzca alteraciones en un huevo que presenta una cáscara perfecta es preciso:

- 1) Que contamine la cascara.
- 2) Que penetre a través de los poros de la cáscara para que suceda esto.

- 3) Que crezca en las membranas y alcance la clara (o la yema, si se halla en contacto con dichas membranas).
- 4) Que se desarrolle en la clara, a pesar de las condiciones desfavorables de la misma, y llegue a alcanzar la yema, donde puede crecer con mucha facilidad y estropear completamente el huevo. Las bacterias incapaces de crecer en la clara solamente podran alcanzar la yema en ella si esta en contacto con la membrana interna de la cáscara.

Las formas más comunes de alteraciones bacterianas de los huevos se conocen con el nombre de manchas. Manchas verdes causadas por *Pseudomonas* spp., especialmente *Ps. fluorescens*; manchas incoloras por *Pseudomonas*, *Acinetobacter* y otras especies; manchas negras por *Proteus*, *Pseudomonas* y *Aeromonas*; manchas rosáceas por *Pseudomonas*; manchas rojas por *Serratia* spp., manchas de "flan" por *Ps. vulgaris* y *Ps. intermedium*. Generalmente, las alteraciones mohosas de los huevos se conocen con el nombre de manchas puntiformes, por la aparición en su interior de un crecimiento micleal apreciable por ovoscopia. Los géneros que más comunmente producen las manchas puntiformes y las alteraciones mohosas de los huevos son *Penicillium* y *Cladosporum*. También las bacterias producen en los huevos una alteración conocida con el nombre de enmohecimiento. *Ps. graveolens* y *Proteus* spp. se

han asociado con esta alteración, produciendo *Ps. graveolens*, las lesiones más características. (Frazier, 1978)

Un elevado contenido de humedad favorece la entrada de microorganismos en el interior del huevo. En estas condiciones se favorece la proliferación de microorganismos en la superficie, seguida de su penetración en el huevo, a través de la cáscara y membrana testácea interna. Esta última estructura es la barrera más importante que se opone a la penetración de las bacterias en el huevo, seguida de la cáscara y de la membrana externa. En la yema del huevo se encuentran más bacterias que en la clara, siendo la razón de la falta de microorganismos en la clara su contenido en sustancias antimicrobianas. Además, durante el almacenamiento de los huevos, la clara densa sustrae agua de la yema, determinando una pérdida de consistencia de ésta y una retracción de la clara densa. Este fenómeno hace posible que la yema se ponga en contacto directo con la membrana interna, que de este modo se puede contaminar directamente. Una vez dentro del huevo, las bacterias crecen en este medio tan apto, donde producen derivados proteicos y aminoácidos, como H_2S y otros compuestos de olores desagradables. Como consecuencia de la contaminación de la yema, ésta pierde color y se desplaza fácilmente. En general, los mohos crecen primero en la región de la cámara de aire, favorecidos por la presencia de oxígeno. En ambientes con un alto grado de

humedad, los mohos pueden crecer en la superficie externa del huevo. En condiciones de escasa humedad y baja temperatura, el crecimiento superficial no se ve favorecido, al mismo tiempo que los huevos se transforman, al perder agua, en productos comerciales no aceptables. (Frazier, 1978)

Metodos para la Conservacion de Huevos

Se ha dedicado mucha atención al estudio de métodos para conservar los huevos, pues son un alimento que se altera con facilidad. La protección de la cáscara contra el ataque microbiano por los métodos normalmente usados se consigue conservando la cáscara seca y el huevo frío, evitando al mismo tiempo la destrucción de la delgada capa superficial del material proteínico de la cáscara llamada "cutícula". Las membranas externas e internas que forman la cáscara protegen mecánicamente contra la invasión bacteriana, pero cierto tipo de bacterias pueden crecer a través de ella. Con el paso del tiempo se producen cambios en las membranas que favorecen la multiplicación de las bacterias. La velocidad de los cambios físicos y químicos que el huevo sufre depende de la temperatura y el tiempo de almacenamiento y de la humedad relativa y composición de la atmósfera en que se mantiene. (Frazier, 1978)

Los huevos se conservan naturalmente por factores intrínsecos, es decir, externamente un huevo fresco tiene estructuras, cada una de las cuales tiene cierto grado de actividad para oponerse a la entrada de microorganismos: la membrana testácea externa, la cáscara y la membrana testácea interna. La lisozima, que se encuentra en la clara, se ha demostrado que es muy activa frente a bacterias Gram (+). La clara también contiene avidina que, al formar un complejo con la biotina hace que esta vitamina no sea utilizable por microorganismos. Además, la clara tiene un pH elevado (aproximadamente 9.3) y contiene conalbumina, que constituye un complejo de hierro, haciéndolo así inservible para los microorganismos. Por otra parte, los elementos nutritivos, y el pH de los huevos frescos (aproximadamente 6.8) son un excelente medio de crecimiento para la mayor parte de microorganismos. Por otro lado el ovomucoide, que es antitripsínico forma quelatos con el hierro y de esta forma evita el crecimiento de microorganismos cuando el pH es alto. (Frazier, 1978)

Asepsia

Actualmente se tiene mucho mas cuidado que antes para evitar la contaminacion de la cascara a partir de la heces de

las aves y de la suciedad de los nidales. Al abrir los huevos que han de someterse a la deshidratación o congelación se procura eliminar aquellos en los que se presenta crecimiento microbiano, procurando a la vez reducir la contaminación bacteriana a partir del equipo empleado, mediante el lavado y tratamientos higienicos adecuados. (Frazier, 1978)

Eliminación de Microorganismos

Debido a que los huevos sucios se pagan a precio inferior que los limpios, se han ideado diferentes métodos para eliminar la suciedad. La limpieza en seco, por corriente de arena elimina la suciedad, la cutícula (mucina) y parte de los microorganismos, pero favorece la penetración de bacterias en el huevo a través de poros en 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. (Frazier, 1978)

El lavado puede llevarse manual o mecánicamente con solución de lavado. Como soluciones de lavado se han empleado lejía, ácidos, formalinas, hipoclorito (más recomendado en solución concentrada), compuestos de amonio cuaternarios y

varios detergentes y desinfectantes. 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 para que el líquido no pase al huevo, que está frío. Todas estas soluciones no solo eliminan microorganismos, sino que destruyen muchos de ellos. (Frazier, 1978)

Por Calor

Al ser la clara coagulable por el calor, condiciona en gran parte el tratamiento térmico máximo que pueden recibir los huevos con cáscara; se ha encontrado que el tiempo máximo que pueden calentarse los huevos en el agua, sin peligro de coagulación, son por ejemplo, 800 segundos a 57.5 °C, 320 segundos a 60 °C y 128 segundos a 62.5 °C. Las temperaturas de 65 °C o superiores ocasionan coagulación de la clara al emplear tratamientos térmicos capaces de evitar la putrefacción. Esta alteración se controla perfectamente calentándolo. (Frazier, 1978)

Los tiempos máximos a que pueden calentarse los huevos en aceite, sin que sufran coagulación, por 10 minutos a 60 °C. También se ha sugerido la inmersión de los huevos en agua

hirviendo durante unos pocos segundos o en aceite caliente (57.2 °C) con o sin vacío. Existe un método nuevo de "termoestabilización" consiste en sumergir el huevo en agua caliente, que reduce su pérdida de humedad al originar una ligera coagulación de la porción albuminoidea más externa. (Frazier, 1978)

Como protección contra Salmonellas se recomiendan que los huevos en estado líquido deben ser pasteurizados a 60 °C durante no menos de 3.5 minutos o deben comprobarse por pruebas de laboratorio que están libres de Salmonellas. (Frazier, 1978)

Temperaturas Bajas

El método más común de conservación de los huevos consiste en el empleo de temperaturas bajas (de refrigeración para los huevos integros y de congelación para los desprovistos de cáscara). El aceitado, almacenamiento en gas o tratamiento con conservadores químicos puede emplearse conjuntamente con la refrigeración para la conservación de los huevos enteros con cáscara. (Frazier, 1978)

Refrigeración.- Los huevos, una vez puestos, deben enfriarse tan pronto como sea posible y mantenerse a una temperatura y humedad relativa, que dependerá del tiempo que deseamos conservarlos o almacenarlos. Cuanto mas por debajo de 99.6% esté la humedad relativa, tanto más rápidamente perderá humedad el huevo, y por lo tanto peso, y tanto mayor será la cámara de aire. Cuanto más alta sea la humedad relativa más fácil será la alteración microbiana de los huevos. Cuanto más por encima de -1.67°C esté la temperatura más rápidamente penetrarán y se multiplicarán los microorganismos en el huevo y antes se producirán cambios químicos y físicos, como fluidificación de la clara y debilitación de la membrana vitelina. Para el almacenamiento comercial durante 6 o más meses se han recomendado temperaturas de -1.7 a -0.55°C y una humedad relativa del 80 al 90 %. Es importante la circulación del aire en el almacén para mantener alrededor de los huevos la humedad relativa deseada, y para evitar la condensación de humedad en la cáscara conviene una temperatura de almacenamiento constante.

La impregnación de la cáscara con aceite mineral incoloro e inodoro es un método empleado generalmente que evita la acumulación de humedad en la cáscara, retarda la desecación y la penetración del aire, retiene el CO_2 y retrasa los cambios físicos y químicos que ocurren en el huevo, pero ejerce escaso efecto en la velocidad de los

cambios microbianos dentro del huevo. Actualmente el huevo se sumerge durante unos pocos segundos en aceite mineral poco espeso mantenido a la temperatura atmosférica o posteriormente a temperaturas que oscilan entre 37.8 y 43.3 °C, secándose a continuación. (Frazier, 1978)

Congelacion.- Muchos de los huevos empleados para la congelación o desecación tienen características que los hacen inadecuados para la venta en condiciones normales, pero su contenido está intacto; por ejemplo, son demasiado pequeños o grandes, están sucios o agrietados por tener una cáscara demasiado débil. Los huevos sucios deben lavarse antes de abrirse. Los huevos se seleccionan por ovoscopia a unos 5 °C y se abren, en una habitación seca, a una temperatura de 12 a 15 °C. (Frazier, 1978)

Una vez seleccionados, las claras y las yemas juntas o separadas, se filtran para eliminar trocitos de cáscara y restos de chalazas; se mezclan o baten, se regulariza su contenido en sólidos y se congelan en botes de unos 13 a 22 kgs. o en otro tipo de envases. Las yemas, cuando se congelan separadamente de las claras y se almacenan separadamente, forman una especie de gelatina que, al descongelar, no fluidifican. Tal dificultad puede evitarse anadiendoles antes

de la congelación un 5 % o mas de sal, azúcar o glicerina: los huevos congelados se almacenan a temperatura de -17.8 a -20.5 °C. (Frazier, 1978)

La congelación destruye muchos gérmenes pero pueden sobrevivir a tal tratamiento algunos representantes de las distintas bacterias presentes. Su número disminuye lentamente durante el almacenamiento en congelación. Las bacterias que alteran los huevos almacenados son, especialmente, las *Pseudomonas* como también las bacterias de los géneros *Alcaligenes*, *Proteus* y *Flavobacterium*. Suelen presentarse en cantidades bastante inferior algunos cocos, bacilos Gram (+) y bacterias coliformes procedentes de la cáscara. A veces se encuentran en los huevos bacterias del género *Salmonella* que proceden de gallinas infectadas y raramente se encuentran bacterias hemolíticas. (Frazier, 1978)

Para la descongelación del huevo se recomiendan temperaturas de 12 a 13 °C durante 48 hrs. (Frazier, 1978)

Por Conservadores Químicos

Los conservadores pueden aplicarse a la cáscara de los huevos, a la atmósfera de almacenamiento o a las envolturas y recipientes de aquellos. Entre las sustancias que se han

empleado para conservar seca la cascara y reducir la penetración de oxígeno en el huevo y la salida del dióxido de carbono y de la humedad están por ejemplo el parafinado, aceitado y otras que se usan para la protección doméstica de los huevos se pueden citar la sal, cal, arena, aserrín, ceniza y la inmersión en una solución de silicato sódico que tiene un poder inhibidor debido a su alcalinidad. También se han utilizado otros productos químicos como boratos, permanganatos, benzoatos, formatos así como soluciones germicidas en el lavado de los huevos como soluciones de hipoclorito, lejía, ácidos, formalina, compuestos de amonio cuaternario y combinaciones de detergentes-desinfectantes y también un inhibidor fúngico como es una solución de dimetil-urea. (Frazier, 1978)

El pentaclorofenato sódico se emplea como una sustancia micostática para el material de embalaje. Se ha utilizado la fumigación de los huevos con óxido de etileno gaseoso antes del almacenamiento que los protege contra la alteración bacteriana. También se ha utilizado en la atmósfera de los almacenes en que se conservan los huevos gases como el dióxido de carbono (en concentraciones del 2.5 %) y ozono (en concentraciones de 0.6 a 1.5 p.p.m.). (Frazier, 1978)

Por Irradiación

Se ha encontrado que los organismos patógenos (por ejemplo *Salmonella*) pueden inactivarse por medio de radiaciones ionizantes cuando se aplican en los huevos líquidos, congelados o desecados.

Por Desección

Los principales problemas bacteriológicos en la conservación por desecación radican en su selección y preparación; como ocurre con los demás alimentos. (Frazier, 1978)

Los huevos antes de deshidratarse pueden desazucararse (eliminar la glucosa) inoculando el material a desecar con levaduras, *Pseudomonas*, *Aerobacter aerogenes*, *Escherichia freundii* y otras bacterias. También se ha recomendado la adición de sacarosa o lactosa antes de la deshidratación y la fluidificación de la clara por la tripsina. Actualmente se ha utilizado la glucosa oxidasa, obtenida de hongos, para oxidar la glucosa a ácido glucónico. (Frazier, 1978)

El agua oxigenada se añade para que proporcione oxígeno, que se desprende también por la acción de la catalasa en la preparación. (Frazier, 1978)

La mayoría de los huevos se deshidratan por atomización.

que consiste en pulverizar el líquido a secar sobre una corriente de aire seco caliente. Otro método es el de tambor o rodillo, consistente en hacer pasar el líquido a desecar sobre un tambor o rodillo caliente, con o sin ayuda de vacío.

La desecación al aire se lleva a cabo en recipientes destapados o en una cinta transportadora que lleva al líquido a lo largo de un túnel de 60 a 71 °C. (Frazier, 1978)

La desecación puede reducir de 10 a 100 veces el contenido microbiano original de los huevos. Una gran variedad de gérmenes han sido encontrados en los huevos desecados, incluyéndose entre ellos micrococos, estreptococos (enterococos) bacterias coliformes, Salmonellas, bacterias espiruladas y mohos. Los cocos y bacilos Gram (+) suelen proceder de la contaminación a partir de la cáscara, durante su rotura y separación, o de los manipuladores o equipo más que de los huevos alterados. Las Salmonellas proceden de las aves infectadas. (Frazier, 1978)

A medida que el almacenamiento se prolonga, los gérmenes resistentes a la desecación, tales como micrococos y esporas bacterianas y fúngicas, constituyen un porcentaje cada vez mayor de los supervivientes. Cuanto menor de 5 % sea el contenido en humedad de los huevos desecados, tanto más rápidamente morirán las bacterias presentes. (Frazier, 1978)

Deshidratación

El secado ha sido, desde los tiempos más remotos, un medio de conservación de los alimentos. (Potter, 1973)

Por deshidratación de alimentos queremos decir la eliminación casi completa del agua que contienen éstos, bajo condiciones de control que producirán sólo un mínimo de cambios o, idealmente, ningún cambio, en las propiedades del alimento. La humedad final de estos alimentos deshidratados es del 1 al 5 %, según el producto. Unos ejemplos son la leche y los huevos en polvo, las hojuelas de papa, el café instantáneo y los cristales de jugo. (Potter, 1973)

La conservación es el motivo principal, aunque no el único, por el que deshidratamos los alimentos. Aparte de los fines de conservación, deshidratamos alimentos para disminuir su peso y volumen. Algunos procesos de secado se escogen a fin de conservar el tamaño y la forma del alimento original. La liofilización de piezas grandes de alimento es uno de ellos. Un tercer motivo de la deshidratación es la producción de artículos convenientes, como los productos instantáneos para ello el consumidor simplemente mezcla el producto con el agua. (Potter, 1973)

Principio del Proceso de Secado por Atomización

Someter una suspensión acuosa de sólidos, a un proceso de atomización dentro de una corriente gaseosa caliente, con el fin de remover el agua. (ATAM, 1984)

Su objetivo es obtener un producto de bajo contenido de humedad para evitar su alteración por microorganismos; sin afectar notablemente sus características originales como: sabor, color, aroma y valor nutricional (calidad proteínica, vitaminas, etc.). (ATAM, 1984)

Características Fundamentales

Proceso continuo a base de energía térmica, en el cual se busca que:

- a) Con la formación de minúsculas gotas haya una rápida transferencia del agua para la menor exposición al calor del alimento para preservar sus cualidades.
- b) La corriente gaseosa (principalmente aire) tiene como función primordial, ser transporte de energía y del agua removida.

Equilibrio.- Cuando se expone un sólido húmedo por suficiente tiempo a una corriente de gas de humedad relativa constante, se realiza una transferencia de agua hasta un valor de equilibrio. Estas condiciones están determinadas por una temperatura, presión de vapor y por la naturaleza del sólido.

Dependiendo del sólido, se tienen diferentes valores de humedad a cambios de humedad relativa del aire (fig.3). El contenido de agua arriba del valor de equilibrio (humedad libre) puede ser secada a temperatura constante en un aire de humedad relativa dada. (ATAM, 1984)

Mecanismo de Secado.- En el secado, siempre existe una transferencia simultánea de masa y energía. El calor debe suministrarse para remover humedad. (ATAM, 1984)

En el secado por aspersión, el aire transfiere calor por convección. (Potter, 1973)

La velocidad a la que se transfiere la energía y se remueve el agua, será dependiente de las resistencias de las fases en contacto (gas-sólido) a transferir energía y permitir el paso del agua. (ATAM, 1984)

Cuando la fase gaseosa determina el secado, la superficie del sólido estará cubierta por agua lo que significa que ésta sale a la superficie lo suficientemente rápido. (ATAM)

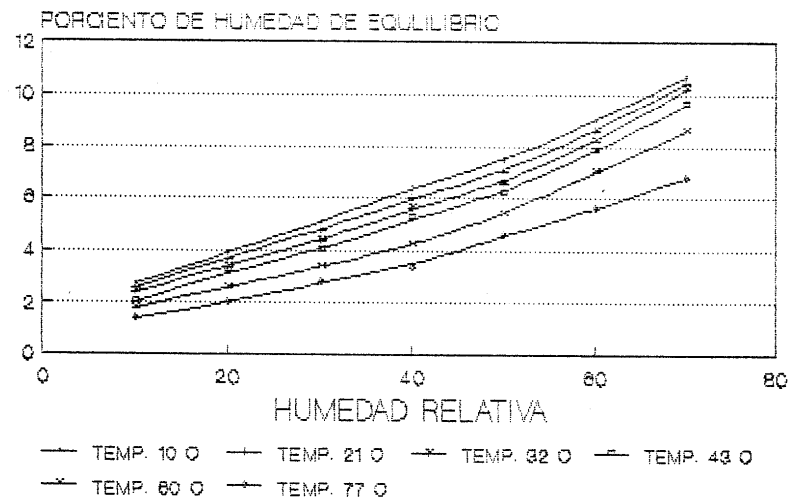


FIG. 3 HUMEDAD DE EQUILIBRIO CONTENIDAS
EN SOLIDOS DE HUEVO ENTERO RESPECTO A LA
HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA

Fuente: Stadelman, 1977

Cuando la fase sólida determina el secado, indica que sus resistencias regulan el paso de agua y de calor.

Dentro del sólido, el agua puede desplazarse en formas diferentes: por tensión superficial en sólidos porosos, por difusión molecular en sólidos coloidales o por gradientes de presión cuando sucede encogimientos del sólido. (ATAM, 1984)

Velocidad de Secado.- Para comprender el secado, es necesario conocer los factores que definen la velocidad del secado ($\text{Kg de agua} / \text{hr m}^2$). (ATAM, 1984)

Existen tres etapas según los mecanismos que controlan y son variables según las condiciones del gas o las características del sólido. (ATAM, 1984)

Clasificación de Secadores

Hay varias maneras de clasificar los equipos de secado.

Las dos más útiles se basan en:

- 1) El método de transmisión de calor a los sólidos húmedos
- 2) Las características y las propiedades físicas del material húmedo.

El primero de ellos revela las diferencias en el diseño y el funcionamiento del secado, mientras que el segundo es más útil para seleccionar entre un grupo de secadores que se someten a una consideración preliminar en relación con un problema de secado específico. (Perry, 1974)

Secadores Directos.

Las características generales de operación de los secadores directos son:

1. El contacto directo entre los gases calientes y los sólidos se aprovecha para calentar estos últimos y separar el vapor.
2. Las temperaturas de secado varían hasta 1400 °F, que es la temperatura limitante para casi todos los metales

estructurales de uso común. A mayores temperaturas, la radiación se convierte en un mecanismo de transmisión de calor de suma importancia.

3. A temperaturas de gases inferiores al punto de ebullición, el contenido de vapor de un gas influye en la velocidad de secado y en el contenido final de humedad del sólido. Con temperaturas de gas superiores al punto de ebullición en todos los puntos, el contenido de vapor el gas tiene sólo un ligero efecto de retraso en la velocidad de secado y el contenido de humedad. Por lo tanto, los vapores supercalentados del líquido que se está separando puede servir para secar.
4. Para secados a temperaturas bajas y cuando las humedades atmosféricas son excesivamente elevadas, quizá sea necesario deshumidificar el aire de secado.
5. Un secador directo consume más combustible por libra de agua evaporada, mientras más bajo sea el contenido de humedad.
6. La eficiencia mejora al aumentarse la temperatura del gas de entrada a una temperatura de salida constante.
7. Debido a las grandes cantidades de gas que se necesitan para abastecer todo el calor de secado, el equipo de recuperación del polvo puede ser muy grande y costoso cuando se trata de secar partículas muy pequeñas.

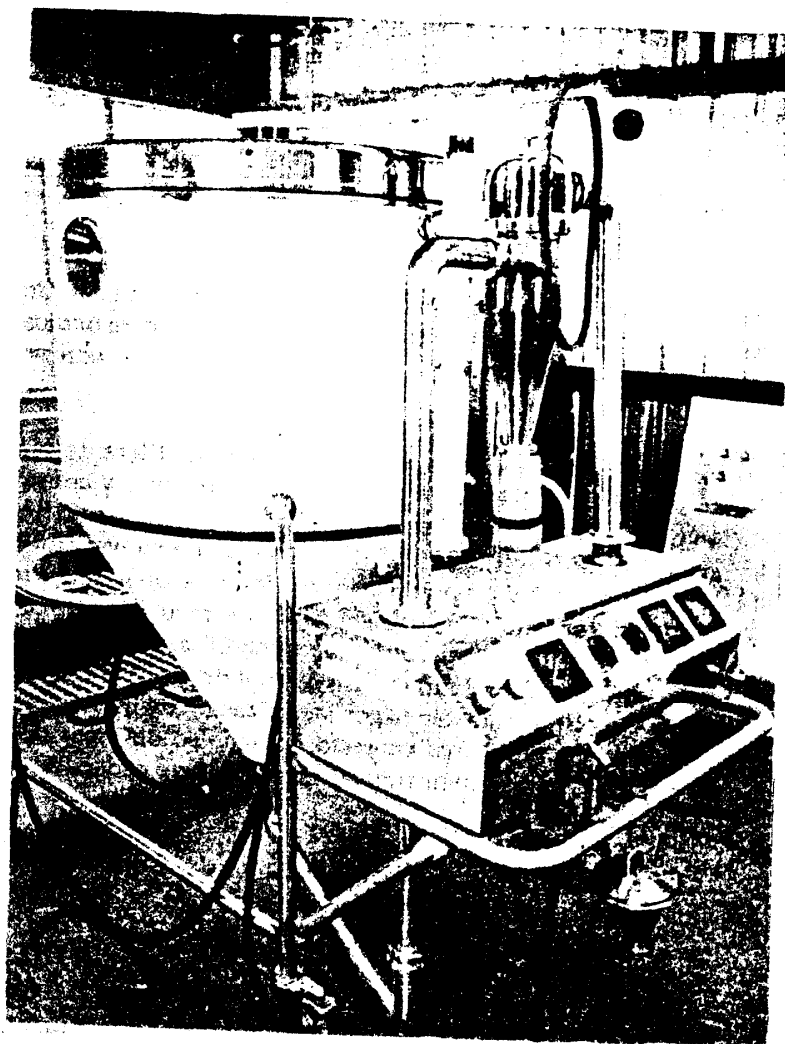


Fig. 5 EQUIPO PILOTO DE LA CASA NIRO ATOMIZER COPENHAGEN
Fuente: Universidad de Sonora, 1985

Secadores Indirectos

Difieren de los directos en la transmisión de calor y la separación del vapor.

1. El calor se transfiere al material humedo por conducción a través de una pared de retención de sólidos, casi siempre de índole metálica.
2. Las temperaturas de superficie pueden variar desde niveles inferiores al de congelación, en el caso de secadores de congelación hasta mayores que 1000 °F, en el caso de secadores indirectos calentados por medio de productos de combustión.
3. Los secadores indirectos son apropiados para secar a presiones reducidas y en atmósferas inertes, para poder recuperar los disolventes y evitar la formación de mezclas explosivas o la oxidación de materiales que se descomponen con facilidad.
4. Los secadores indirectos que utilizan fluidos de condensación como medio de calentamiento son en general económicos desde el punto de vista del consumo de calor, ya que suministran calor sólo de acuerdo con la demanda hecha por el material que se está secando.
5. La recuperación de polvos y materiales finamente pulverizados se maneja de un modo mas satisfactorio en los secadores indirectos que en los directos.

Secadores Diversos

Los secadores infrarrojos dependen de la transmisión de energía de radiación para evaporar la humedad. La energía radiante se suministra eléctricamente por medio de lámparas infrarrojos, resistencias eléctricas o refractarios incandescentes calentados por gas. Este último método ofrece la ventaja adicional del calentamiento por convección. El calentamiento infrarrojo no se usa comúnmente en la industria química para eliminar la humedad, y su aplicación principal es el horneado o el secado de capas de pintura y en el calentamiento de capas delgadas de materiales. (Perry, 1974)

Los secadores dieléctricos no han encontrado hasta ahora un campo muy amplio de aplicación. Su característica fundamental de generación de calor dentro de los sólidos revela potencialidades para secar objetos geométricos masivos, como madera, diferentes formas de hule espuma y objetos de cerámica. Los costos de energía aumentan hasta diez veces el costo de combustible por métodos tradicionales. (Perry, 1974)

Balances de Masa y Energía en un Secador por Aspersión

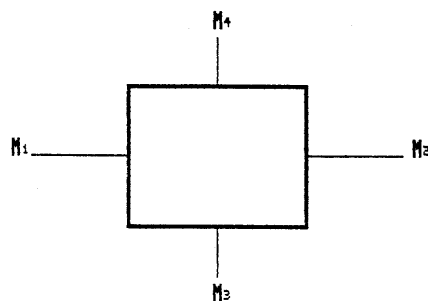
Balance de Masa en un Secador

El balance de materia o de masa es útil para determinar la cantidad de material de entrada así como la cantidad de gas de entrada y de descarga para una producción determinada.

Para un balance de material es necesario conocer:

La cantidad de sólidos de la solución de entrada, la humedad del aire de secado a la entrada, la humedad del aire a la salida y la cantidad de sólidos del producto.

Para llevarse a cabo se hace un diagrama esquemático alrededor del secador; tal como:



donde:

M_1 = flujo másico de entrada

M_2 = flujo másico de salida

M_3 = flujo másico de aire que entra al secador

M_4 = flujo másico de aire que sale del secador

Tomando como base una producción determinada por hora se hace lo siguiente:

Un balance total de material y aire.

Balance del material completamente seco.

Balance del aire seco.

Balance de agua.

Con ello se forma un sistema de ecuaciones, que se resuelven por simultáneas, mediante el cual obtenemos las cantidades involucradas en cada balance.

Para un balance total las ecuaciones quedarían:

$$M_1 + M_3 = M_2 + M_4 \quad \text{ec. 1}$$

donde M_1 es una variable conocida.

Para un balance del material completamente seco las ecuaciones quedarían:

$$(1 - X_{w1}) M_1 = (1 - X_{w2}) M_2 \quad \text{ec. 2}$$

donde X_{w1} es la humedad del material de entrada

X_{w2} es la humedad del material de salida

Para un balance del aire seco, las ecuaciones quedarían:

$$(1/(1+Y_{w3})) M_3 = (1/(1+Y_{w4})) M_4 \quad \text{ec. 3}$$

donde Y_{w3} es la humedad del aire a la entrada

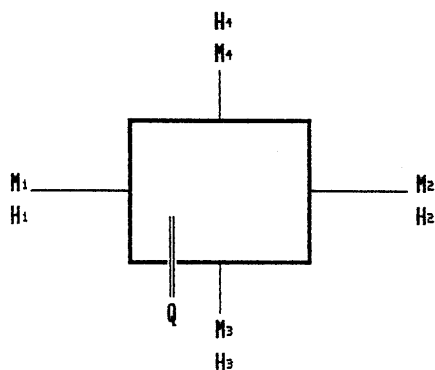
Y_{w4} es la humedad del aire a la salida.

Para un balance de agua, las ecuaciones quedarían:

$$X_{w1} M_1 + (Y_{w3} / (1+Y_{w3})) M_3 = (Y_{w4} / (1+Y_{w4})) M_4 + X_{w2} M_2 \quad \text{ec. 4}$$

Balance de Energía para un Secador por Aspersión

El balance de energía se determina con las entalpías de entrada y salida, tanto para el flujo de alimentación, flujo de aire y flujo de salida (producto); tal como se muestra en el siguiente diagrama:



Para llevar a cabo lo anterior, es necesario conocer:

- 1.- Flujo másico de alimentación (M_1)
- 2.- Flujo masico de salida (M_2)
- 3.- Flujo de aire de entrada (M_3)
- 4.- Flujo de aire de salida (M_4)
- 5.- Entalpia del flujo de alimentación (H_1)
- 6.- Entalpia del flujo de salida (H_2)
- 7.- Entalpia del flujo de aire de entrada (H_3)
- 8.- Entalpia del flujo de aire de salida (H_4)

Donde:

H_1 se calcula con

$$H_1 = Cp_1 (T_1 - T_{ref}) \quad \text{ec. 5}$$

y Cp_1 se obtiene con

$$Cp_1 = [\% \text{ Agua} + (\% \text{ Sólidos})(0.5)]/100 \quad \text{ec.6}$$

H_2 se calcula con

$$H_2 = Cp_2 (T_2 - T_{ref}) \quad \text{ec. 7}$$

y Cp_2 se obtiene con

$$Cp_2 = [\% \text{ Agua} + (\% \text{ Sólidos})(0.5)]/100 \quad \text{ec.8}$$

Para obtener H_3 y H_4 es necesario conocer las temperaturas de bulbo seco del flujo de entrada (T_{BSE}) y del flujo de salida (T_{BSs}) así como las temperaturas de bulbo húmedo del flujo de entrada (T_{BHE}) y del flujo de salida (T_{BHS}), usando para ello la carta psicrométrica.

Con los datos anteriores se obtiene la energía calorífica necesaria para el proceso de secado, mediante la siguiente ecuación:

$$Q = M_2H_2 + M_4H_4 - M_1H_1 - M_3H_3 \quad \text{ec.9}$$

Algunos datos importantes para los balances son los siguientes:

- a) El calor específico de todos los productos del huevo puede aproximarse usando la siguiente fórmula:

$$\text{Calor específico} = (\% \text{ de agua} + \% \text{ sólidos} \times 0.50) / 100$$

- b) La densidad de la clara líquida, huevo entero y yema es de aproximadamente 1.03 gr/ml. Es claro que la adición de algún componente químico incrementa la densidad.
- c) Durante el secado por aspersión, la temperatura de atomizado se acerca a la temperatura de bulbo húmedo del aire seco. Esta temperatura puede ser menor de 49 °C que cuando se encuentra a condiciones atmosféricas relativamente húmedas.
- d) La desnaturalización del huevo entero líquido es una función del tiempo y la temperatura y esto se ha observado que ocurre en un rango de temperatura entre 56 y 66 °C por un cambio en la medida de la viscosidad. Ya por encima de este rango, una fracción de precipitación (Stadelman, 1977)

de proteína tiene lugar y por encima de 73 °C la coagulación es casi instantánea; no ocurren cambios en las propiedades de espumado del huevo entero líquido pasteurizado bajo condiciones estándar. Los productos del huevo entero y yema secos son más susceptibles a los daños por calor que la clara seca. La cantidad de calor absorbido por los productos de huevo seco durante la etapa final de secado es importante y depende de los métodos de secado, como un buen diseño del secador y condiciones de operación. También, las condiciones bajo las cuales los productos secos son almacenados determinarán un buen producto.