

## Huevo en polvo con bajo contenido de colesterol. Características nutricias y sanitarias del producto

Angela Sotelo y Laura González

Departamento de Farmacia, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM),  
Ciudad Universitaria, México

**RESUMEN.** Se elaboró huevo en polvo con bajo contenido de colesterol para ser empleado en la preparación de diversos alimentos para personas a quienes se les ha restringido el consumo de huevo. Se deshidrataron mezclas de clara y yema en distintas proporciones de estos componentes: Mezcla A (1:1), que corresponde al huevo entero usado como referencia, mezclas B (2:1) y C (3:1) de clara:yema respectivamente y se hizo la caracterización del polvo. Se realizó el análisis químico proximal, evaluación de la calidad proteínica, microbiológica y sensorial, además de averiguar las características físicas y reológicas de los polvos. La concentración de grasa y colesterol en la mezcla C (3 claras y 1 yema) se disminuye el 40% y 20% respectivamente con respecto al huevo. Por las pruebas microbiológicas las 3 mezclas cumplen con la norma oficial para huevo en polvo. La razón de eficiencia proteínica (REP) en las 3 mezclas fue alta. La mezcla A correspondiente al huevo entero fue de 3.65 y el más bajo fue la mezcla C con el valor de 3.05. Las dietas de harina de maíz nixtamalizado (HMN) con las mezclas A y C dieron valores superiores al patrón de caseína. Las pruebas sensoriales de los alimentos elaborados con todas las mezclas fueron aceptables.

**Palabras clave:** Huevo en polvo, colesterol, calidad nutricia, pruebas microbiológicas, pruebas sensoriales.

**SUMMARY. Low cholesterol egg powder. Nutritive and sanitary characteristics of the product.** The purpose of this study is to obtain a low cholesterol egg powder for the preparation of different foods for persons whose egg consumption is restricted. Egg white and yolk mixtures prepared in different proportions were dehydrated; the following dried mixtures were obtained: A (1:1), B (2:1) and C (3:1) of egg white:yolk respectively. These mixtures were evaluated using the following parameters: proximal analysis, microbiological assay and protein quality evaluation. Physical characteristics of the powder and the sensorial tests of foods prepared with these mixtures were carried out. The fat and the cholesterol content in the mixture C were decreased by 40% and 20% respectively. The microbiological tests showed that the three mixtures were safe for human consumption. The PER of sample A (whole egg) was 3.65 and for the mixture C 3:1 egg white:yolk was 3.05. The PER of the 50:50 protein mixtures eggs white and yolk: with corn lime treated flour (HMN) were higher than that of the casein standard. The sensorial tests of the foods prepared with all the mixtures were acceptable.

**Key words:** Egg powder, egg white:yolk, cholesterol, nutritive value, microbiological quality, sensorial tests.

### INTRODUCCION

Uno de los alimentos de mayor consumo en el mundo es el huevo, especialmente el de gallina, ya que además de su calidad nutritiva principalmente proteínica, es un producto de gran disponibilidad y bajo costo (1). Es bien sabido que los dos componentes principales del huevo, la clara y la yema contienen proteínas de alta calidad que lo hacen un alimento ideal para todos los individuos. Sin embargo, por su elevado contenido de colesterol y la asociación que se ha establecido de alto consumo de este componente con enfermedades cardiovasculares, se recomienda disminuir el huevo en la dieta, especialmente en aquellas personas mayores de 50 años (2).

Hay muchas técnicas propuestas por varios autores para disminuir el colesterol en el huevo. Por ejemplo, extracción con solventes (3-6); extracción con fluido supercrítico (6-8); formar complejos con  $\beta$ -ciclodextrinas (9); modificación en dieta de las gallinas ponedoras (10) y administración a las

gallinas de un inhibidor sintético de la reductasa HMG-CoA (11).

Cada uno de estos métodos presenta distintas ventajas y desventajas sobre los demás; sin embargo, todos implican la utilización de material y equipos sofisticados, sin mencionar técnicas complicadas que también influyen sobre algunas propiedades funcionales de las proteínas del huevo (12). Esto se traduce en la necesidad de una gran inversión tanto de tiempo como de recursos y por lo tanto, se encarece el producto final.

El desarrollo de una técnica sencilla para la disminución del contenido de colesterol en el huevo, sin encarecer excesivamente el producto final, sería de gran utilidad para la alimentación de ciertos individuos, ayudaría en tratamientos preventivos de aterosclerosis y el producto podría ser utilizado en el procesamiento de alimentos, con todas las ventajas nutricionales del huevo y sin los problemas por exceso de colesterol; teniéndolo al alcance de la mayoría de la población.

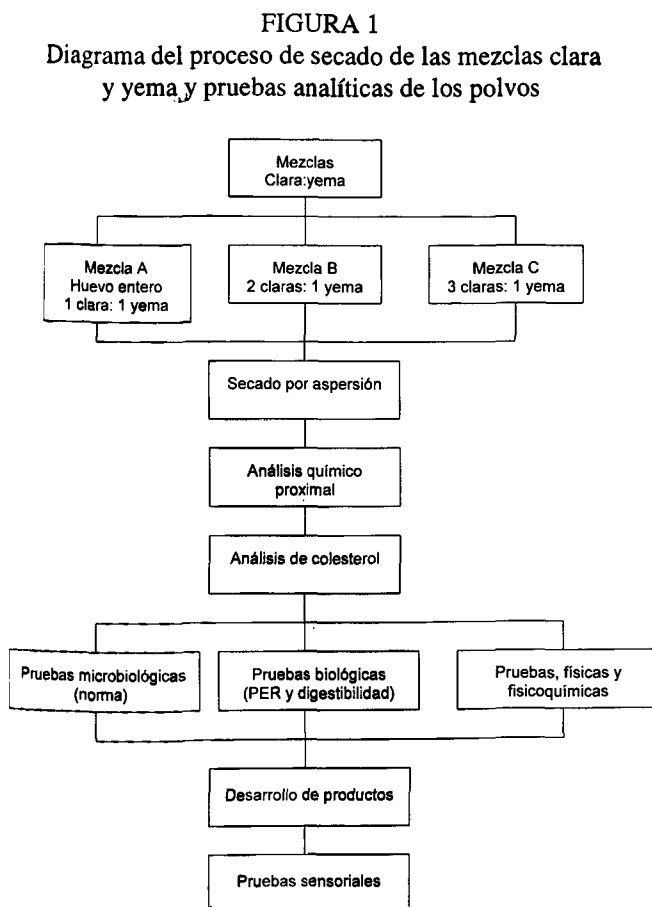
En la industria alimentaria, gran parte del huevo y sus derivados es utilizado en forma de polvo o congelado, y se procura que en el proceso no se afecten las características originales del huevo fresco.

En este trabajo se propone utilizar una técnica muy simple, consistente en la preparación de mezclas de yema y clara en diferentes proporciones, y con ellas obtener huevo en polvo bajo en colesterol.

## MATERIAL Y METODOS

La investigación se dividió en dos partes. La primera fue destinada a la evaluación de las fracciones frescas del huevo; mientras que en la segunda se trabajó con 3 mezclas de clara y yema en las siguientes proporciones: 1:1 (huevo entero), 2:1 y 3:1 respectivamente, las cuales fueron secadas por aspersión para tener un producto en polvo y la posterior caracterización de estos polvos.

En la Figura 1 se presenta el desarrollo del proceso de elaboración y secado de las mezclas y las pruebas analíticas de los polvos.



Se analizó la composición del huevo entero y fresco y por separado, la yema y la clara para caracterizar la materia prima.

El huevo utilizado fue de cascarón blanco, obtenido en un supermercado. Se hizo la evaluación de su composición química proximal de acuerdo a los métodos del AOAC (13). Se determinó la cantidad de colesterol por el método colorimétrico empleando un kit de los laboratorios Lakeside Mex (14). En las mezclas en polvo se realizaron también los análisis anteriores, las pruebas microbiológicas (15,16) y las de calidad y digestibilidad proteínica (17, 18); además de las pruebas de reconstitución, físicas y reológicas. Por otro lado, se hicieron las pruebas sensoriales a los alimentos preparados con las distintas mezclas en polvo.

### Secado por aspersión

Se realizó el secado por aspersión de las mezclas de trabajo de acuerdo a los procedimientos indicados por el fabricante del equipo utilizado: Niro Atomizer (No. de serie: 2556) (19).

Las condiciones del secado por aspersión fueron las siguientes:

- Temperatura del aire en la cámara de secado 210°C
- Temperatura de salida del huevo en polvo 75-80°C
- Sólidos totales del fluido 10%.

Es importante mantener constantes las condiciones de secado, ya que una de las características de la clara es la floculación por calor, por lo tanto se debe cuidar que la temperatura no se incremente para evitar problemas en el proceso.

Al huevo en polvo se le realizaron las pruebas físicas como densidad, además de las pruebas de reconstitución y reológicas (20).

### Pruebas de reconstitución

A las tres muestras secadas por aspersión se les realizaron las pruebas de reconstitución siguiendo las técnicas utilizadas para polvos instantáneos.

**Humectabilidad:** Es una medida de la capacidad del polvo para ser humedecido con agua a una temperatura dada en un tiempo determinado.

Se pesan 10 g de muestra en polvo por duplicado, se colocan en un vaso de precipitado que contiene 75 ml de agua a 20±2°C y se mide el tiempo que se requiere para que todo el polvo se humecte.

**Solubilidad:** Esta medición es fundamentalmente empírica y depende de factores como el método de secado, la temperatura del mismo y la acidez. Se calcula el porcentaje de material disuelto bajo las condiciones del medio.

Se pesan 4 g de muestra, se transfieren a un tubo de centrifuga de 50 ml, se agregan 32 ml de agua a 50°C, se agitan durante 10 segundos y se colocan en un baño de agua a 50°C durante 5 minutos. Se centrifuga la suspensión a 2000 r.p.m. durante 10 minutos y se deja enfriar durante 2 horas. Una vez a temperatura ambiente, el tubo se agita hasta obtener una suspensión homogénea; se transfieren 2 ml de esta suspensión a una charola de aluminio previamente puesta a peso constante y se pesa. Se evapora a sequedad en la estufa y, posteriormen-

te, se transfieren a una estufa de vacío hasta que se tenga el peso constante.

La suspensión del tubo se vuelve a centrifugar a 2000 r.p.m. durante 10 minutos; se transfieren 2 ml del sobrenadante a una charola de aluminio y se pesa; se evapora a sequedad y luego se deja en la estufa de vacío hasta peso constante.

#### CALCULOS:

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{(T1) (T2)}{(T2) (S1)} \times 100$$

T1 = Peso de la suspensión tomada en la primera centrifugación (g)

T2 = Peso de la suspensión tomada en la segunda centrifugación (g)

S1 = Peso de sólidos totales en T1 (g)

S2 = Peso de sólidos totales en T2 (g)

**Volumen de sedimentación:** Es la relación entre el volumen de equilibrio y el volumen total de la suspensión (20).

Se pesan 10 g de muestra y se colocan en una probeta de 100 ml y se afora con agua; se agita y se mide el volumen inicial. Cada 2 horas (4 veces) se agita. Una vez que han transcurrido 24 horas, se agita y se toma la lectura del volumen de sedimentación final.

#### CALCULOS:

$$\text{Vol. De Sedimentación} = \frac{\text{VS final}}{\text{VS inicial}}$$

VS. inicial: Medida que se alcanza al agregar el agua.

VS. final: Medida que alcanza el sedimento de la muestra después de la agitación y reposo de 24 horas.

Lo ideal es que el valor de sedimentación sea igual a 1.

#### Pruebas reológicas

**Angulo de reposo:** Es la medida relativa de la fricción de las partículas de polvo y corresponde al ángulo que forma la superficie lateral del cono con la horizontal. El ángulo de reposo es pequeño cuando se trata de partículas finas, o pegajosas. Los valores óptimos en un polvo de buena calidad están entre 30 y 40° (21, 22).

El equipo utilizado para la medición del ángulo de reposo y velocidad de flujo fue el flujómetro (Erweka tipo GDT, Alemania). Se pesan 10 g de muestra en polvo y se pasan a través del embudo del flujómetro desde una altura de 10 cm sobre la base sólida. Se miden la altura y el radio del cono.

#### CALCULO:

$$\text{Tng} = (H / r)$$

$$\text{Angulo} = \text{Tng}^{-1}$$

H = Altura del cono (cm)

r = Radio del cono (cm)

Tng = Tangente del ángulo

**Velocidad de flujo:** Esta prueba se realizó pesando 10 g del polvo, que se hizo pasar por el embudo del flujómetro y se midió el tiempo que tardó en caer, obteniendo el valor de velocidad de flujo con la relación peso de muestra (g)/tiempo (s).

#### CALCULO:

$$\text{Vel. Flujo} = \frac{m}{t}$$

m = Peso de la muestra (g)

t = Tiempo (s)

#### Análisis microbiológico

Se midió la concentración de mesófilos aerobios de acuerdo a la norma mexicana. El medio que se utilizó para la determinación fue el agar soya-triptocaseína por el método de cuenta en placa de unidades formadoras de colonias (UFC). Se determinó la presencia y cuenta de coliformes expresando el resultado en número más probable de coliformes (NMP) por gramo de acuerdo a las tablas correspondientes. Se confirma la presencia o ausencia de *E coli* empleando los medios específicos. Se realizaron los pasos sucesivos para el aislamiento e identificación de *Salmonella* y se confirmó la presencia del *S. Aureus* inoculando de los tubos positivos, a placas con medio de Vogel- Johnson. Para la determinación y cuenta total de hongos y levaduras se siguió el método de la norma expresando el resultado en UFC por g de polvo (23).

#### Pruebas biológicas para medir la calidad proteínica: Razón de Eficiencia Proteínica (REP) y Digestibilidad (D) (17,18)

**Animales.** Se utilizaron ratas Wistar recién destetadas animales machos de 21-23 días, de 40±10g. El número por lote utilizado en el experimento fue de 6 ratas. El consumo de alimento y agua fue *ad libitum*. La temperatura del bioterio era de 21°C, con períodos de luz-obscuridad de 12 hs. El estudio duró 21 días y los animales se pesaron 2 veces por semana.

**Preparación de las dietas.** Tanto la dieta control como las dietas de estudio, fueron isoproteínicas (10% proteína) e isocalóricas (430 kcal / 100 g dieta).

Además de probar las mezclas generadas con el huevo, se añadieron dos dietas más, en las que se incorporó harina de maíz nixtamalizado a dos de las mezclas de clara-yema. Se buscó combinar una fuente de proteína animal con una vegetal (cereal), de alta disponibilidad. Esto se hizo con el fin de averiguar la calidad nutricia de la mezcla con la que se pudieran elaborar alimentos de bajo costo y bajo colesterol. La proporción de proteína de las mezclas de huevo y la harina de maíz fue de 50:50. También se utilizó una dieta de caseína,

como patrón de comparación.

**Digestibilidad.** La relación entre la cantidad de nitrógeno ingerido y el nitrógeno eliminado en las heces es un estimador del nitrógeno absorbido por el animal. Es importante conocerlo, para establecer qué tan asimilable es la proteína de la muestra.

Para esta determinación se colectaron las heces de las ratas a partir del día 12 de la prueba biológica (REP) hasta su término; se secaron en estufa para evitar que se desarrollaran hongos. Al final del experimento se registró el peso de las heces, se molieron en mortero y se les determinó el contenido de nitrógeno. También se realizó la medición del nitrógeno en las dietas para conocer el ingerido por los animales durante el periodo de colección de heces. Con estos datos se calcularon los valores de nitrógeno ingerido y nitrógeno fecal para cada animal.

Para obtener el valor de REP y Digestibilidad, se efectuaron los cálculos de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\text{REP} = \frac{\text{Peso ganado}}{\text{Proteína consumida } (\sum \text{AI} \times f)}$$

$$D = \frac{\text{NI} - \text{NF}}{\text{NI}} \times 100$$

$\sum \text{AI}$ : Corresponde a la suma del alimento ingerido durante toda la prueba (g).

f: Es un factor que corresponde al contenido de proteína de la dieta: (%proteína / 100 de dieta).

NI: Nitrógeno ingerido por el animal durante la recolección de heces.

NF: Nitrógeno excretado por el animal durante el mismo período.

Los resultados se evaluaron por medio del análisis de varianza para determinar las diferencias significativas.

### Evaluación sensorial

Para esta prueba se elaboraron diversos productos de alto consumo casero. Se escogieron recetas en cuya preparación se usaron las mezclas de huevo en polvo. Estos alimentos son de gran aceptación por individuos de todas las edades y de fácil preparación, utilizando las mezclas preparadas de huevo según las recetas caseras, y otros ingredientes que se encuentran en los hogares y cuyo costo no fuera elevado. Los productos elaborados fueron galletas, atoles, y postres tipo natillas o flanes.

**Procedimiento de la evaluación sensorial:** Se estudió el comportamiento sensorial en dos poblaciones que se consideraron como consumidores potenciales de las mezclas preparadas. La primera población correspondió a 15 niños cuyas edades variaban entre 2 y 7 años de edad, mientras que la segunda población correspondió a 13 adultos que consumían huevo por lo menos tres veces a la semana en su dieta habitual.

A cada consumidor se le presentaron en forma aleatoria, los alimentos preparados con las tres mezclas escogidas. Se calificaron las respuestas en escalas hedónicas (24).

Para los adultos se utilizó una escala estructurada de nueve puntos, mientras que para los niños se utilizó una escala de cinco puntos representada con diagramas faciales, ya que son los más recomendados para la elaboración de pruebas afectivas con niños (25). Se eligieron las claves de las muestras utilizando una tabla de números aleatorios.

Una vez realizada la prueba con las dos poblaciones, la escala hedónica se convirtió en numérica de 0 a 10 de acuerdo con el número de puntos de la escala. Los resultados se tabularon por juez-consumidor (filas) y por producto (columnas).

El análisis de datos se realizó mediante un análisis de varianza de una vía para determinar la diferencia entre la variable de estudio (mezcla de huevo en polvo). El valor de F teórico se obtuvo con un nivel de significancia del 5% de tablas (24), para determinar la diferencia significativa entre las muestras.

La escala hedónica para los adultos fue: Pésimo; Muy malo; Malo; Algo malo; Regular; Algo bueno; Bueno; Muy bueno; Excelente.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se presentan los resultados del análisis químico proximal del huevo fresco completo, de la yema y de la clara.

**TABLA 1**  
Análisis químico proximal del huevo fresco entero, yema y clara (g/100g) y contenido de colesterol (mg/100g)

	Entero	Yema	Clara
Humedad	75.15 ± 0.48	43.35 ± 1.06	87.93 ± 0.05
Cenizas	0.93 ± 0.01	1.92 ± 0.02	0.74 ± 0.01
Proteína (Nx6.25)	13.55 ± 1.36	20.99 ± 0.42	10.48 ± 0.02
Grasa	8.28 ± 0.04	29.63 ± 0.26	0.01 ± 0.00
ENN*	2.09	4.11	0.84
Colesterol	409.12 ± 4.56	1238.45 ± 3.30	- 0

\* Extrato no nitrogenado

El componente mayoritario del huevo fresco es el agua; por lo tanto, un tratamiento de secado disminuiría el volumen total ocupado por el producto, presentando ventajas en la conservación (12). El contenido de proteína en base húmeda fue muy alto, tomando en cuenta su alto contenido de agua.

La fracción lipídica y la concentración de proteínas en la yema fue mayor que en la clara y esto influye en las características físicas, las propiedades funcionales y sensoriales del huevo, como por ejemplo su capacidad emulsionante (26-28). En cuanto a la clara, además de su alto contenido de agua, fue baja en grasa.

El contenido de colesterol en las fracciones frescas, mostrado en la misma Tabla 1 indica que en la clara, fue cero y la cantidad de colesterol encontrada en la yema fue muy elevada que era lo esperado. En el huevo entero, el valor es menor aunque sigue siendo un aporte significativo de colesterol a la dieta de los consumidores de este alimento. La disminución de colesterol por la adición del componente carente de colesterol (la clara), es la propiedad que se trató de aprovechar en este trabajo.

En la Tabla 2 se presentan los resultados del análisis químico proximal y colesterol de las mezclas de clara y yema secadas por aspersión y de harina de maíz nixtamalizado (HMN).

En las muestras secas de huevo se observó que los componentes mayoritarios fueron proteínas y grasa en los tres casos. El nivel de lípidos descendió conforme se aumentó la proporción de clara y el proteínico aumentó en el mismo sentido.

Algunos estudios han demostrado que las propiedades sensoriales que el huevo confiere a los alimentos se deben básicamente a la fracción lipídica del mismo (29). La mezcla A, fue la utilizada como referencia de comparación de los resultados obtenidos en las otras dos mezclas, ya que son los resultados que se esperarían de cualquier huevo entero deshidratado a nivel comercial.

TABLA 2  
Análisis químico proximal en las mezclas de huevo en polvo y de la harina de maíz (HMN) (g/100g de muestra) y contenido de colesterol (mg / 100 g)

	Mezcla A Huevo entero	Mezcla B (2:1) <sup>1</sup>	Mezcla C (3:1) <sup>1</sup>	HMN
Humedad	2.58 ± 0.02	2.62 ± 0.02	2.54 ± 0.03	6.35 ± 0.12
Cenizas	3.65 ± 0.01	4.21 ± 0.01	4.34 ± 0.02	1.43 ± 0.02
Proteína <sup>2</sup>	48.93 ± 0.42	58.35 ± 0.39	63.56 ± 0.27	8.87 ± 0.17
Grasa	34.15 ± 0.17	24.39 ± 0.03	19.88 ± 0.01	4.56 ± 0.06
Fibra	0	0	0	7.76 ± 0.47
ENN <sup>3</sup>	10.69	10.43	9.68	71.03
Colesterol	2162.32 ± 138.62	1919.54 ± 41.44	1723.51 ± 27.54	0

1 Clara:yema    2 N x 6.25    3 Extracto no nitrogenado

En la mezcla B (2 claras: 1 yema) se observó disminución de la fracción de grasa (alrededor de 30%) con respecto a la referencia, así como un aumento de la fracción proteínica (alrededor de 19%). En los demás componentes no hubo variaciones significativas.

En la mezcla C (3 claras: 1 yema) se observaron cambios significativos en la proporción de grasa que disminuyó el 40%, mientras que el contenido de proteína aumentó (aproximadamente 30%). Al igual que en el caso anterior, los demás componentes permanecieron prácticamente constantes.

En cuanto al contenido de colesterol, al comparar con el valor de referencia de la mezcla A (huevo entero) se observó que efectivamente la cantidad de colesterol tendió a disminuir en las siguientes preparaciones:

En la mezcla B (2:1) hubo una reducción del 11.2% y en la C (3:1), del 20.3 % de colesterol. La cantidad de colesterol informada por otros autores (30), fue de 1918 mg/100 g de huevo entero deshidratado comercial, que corresponde al valor encontrado en la mezcla B (2:1).

En la misma Tabla 2 se presenta la composición química proximal de la harina de maíz nixtamalizado que fue necesario realizar para el cálculo de componentes de las dietas para la prueba biológica REP. Se eligió este alimento, ya que es ampliamente consumido en el país en diversas formas; además de ser mucho más barato que otros cereales (trigo o arroz).

Si se comercializara la mezcla con cereal, sería más accesible a personas de escasos recursos económicos.

Al comparar los resultados obtenidos en las pruebas microbiológicas (Tabla 3) con los de la norma oficial para huevo en polvo (31), se observó que las tres mezclas entraron en la categoría de huevo deshidratado grado A. Con base exclusivamente en sus características microbiológicas, se puede decir que se trata de un alimento inocuo para el consumo humano.

En la Tabla 4 se presentan los resultados obtenidos de las propiedades reológicas y de reconstitución de las tres muestras de huevo en polvo. Los valores de velocidad de flujo fueron bastante similares en las tres muestras. Se observó que la mayor velocidad se obtuvo en la mezcla C, lo que indica que la disminución de la fracción de yema le afectó presentando una menor cohesión entre las partículas del polvo.

Los resultados del ángulo de reposo indicaron que las tres mezclas se pueden clasificar como polvos de flujo ligero. Sin embargo, el flujo más ligero corresponde a la mezcla C, lo que coincide con lo encontrado en los resultados de velocidad de flujo.

Con respecto a los resultados de humectabilidad, se observó que la mezcla con mayor proporción de clara fue la que tardó más en lograr la humectación completa. Esto se puede deber a que el tratamiento térmico recibido durante el secado por aspersión modificó la estructura de la albúmina de la clara, impidiendo así la entrada de las moléculas de agua para humectar (32).

TABLA 3  
Pruebas microbiológicas del huevo en polvo y su comparación con la norma oficial.

	Experimental			Norma oficial	
	Mezcla A (1:1) <sup>1</sup>	Mezcla B (2:1) <sup>1</sup>	Mezcla C (3:1) <sup>1</sup>	Grado A	Grado B
Mesófilos aerobios (UFC / g) <sup>2</sup>	3750	4150	6800	25000	50000
Coliformes (NMP / g) <sup>3</sup>	3.6	<3	3.6	10	10
Hongos y Levaduras	Ausente	Ausente	Ausente	10	10
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<i>Salmonella sp.</i> (25 g)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<i>E. coli</i> (0.1 g)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

<sup>1</sup> Clara:Yema; <sup>2</sup> Unidades formadoras de colonias; <sup>3</sup> Número más probable.

TABLA 4  
Pruebas fisicoquímicas y de reconstitución de las mezclas de huevo en polvo.

Muestra*	Velocidad de flujo (g/s)	Angulo de reposo grados	Humectabilidad (min.)	Volumen de sedimentación	Solubilidad (%)
Mezcla A	1.92 ± 0.13	36.87° ± 1.75	13.25 ± 0.82	0.68 ± 0.03	79.80 ± 0.78
Mezcla B	2.31 ± 0.34	33.18° ± 0.82	14.99 ± 0.65	0.60 ± 0.06	82.68 ± 1.02
Mezcla C	2.33 ± 0.19	31.43° ± 1.96	21.49 ± 1.00	0.50 ± 0.07	89.23 ± 0.15

Mezcla A:huevo entero, Mezcla B: (2:1) y Mezcla C: (3:1), (clara:yema) respectivamente

Con respecto al volumen de sedimentación se observó que el valor más alto corresponde a la mezcla A (huevo entero). Esto es lógico, ya que el volumen del sedimento se afecta por la presencia de los glóbulos de grasa y esta mezcla es la que tiene mayor proporción de ella. Sin embargo, las tres muestras se encuentran alejadas de la suspensión ideal (V.S. = 1).

Al relacionar los resultados de volumen de sedimentación con los de solubilidad, se observó que la mayor solubilidad se encontró en la mezcla C que coincide con el valor más bajo del

volumen de sedimentación y, por lo tanto, el más alejado de la suspensión ideal. Esto se debe esencialmente a la disminución del contenido de grasa en esta mezcla. Lo anterior podría resolverse agregando lecitina de soya a las mezclas e igualando la concentración de grasa con la mezcla A.

En la Tabla 5 se presenta la composición de las dietas que se prepararon para las pruebas biológicas de REP y digestibilidad.

TABLA 5  
Composición de las dietas para las pruebas biológicas (g/100g de dieta)

Ingrediente	Caseína	Mezcla A <sup>1</sup>	Mezcla B <sup>2</sup>	Mezcla C <sup>3</sup>	HMN: A <sup>4</sup>	HMN: C <sup>4</sup>
Dieta control de Caseína <sup>5</sup>	10.60	—	—	—	—	—
Huevo en polvo	—	20.43	17.14	15.73	10.22	7.87
Maíz nixtamalizado (HMN)	—	—	—	—	55.37	55.37
Sacarosa	22.00	21.32	21.40	21.49	8.29	8.40
Dextrosa <sup>5</sup>	19.00	18.41	18.47	18.56	6.15	6.20
Dextrina <sup>5</sup>	25.00	24.23	24.32	24.42	8.32	8.55
Grasa hidrogenada	8.00	4.03	5.61	6.21	3.44	5.64
Aceite de maíz	6.00	3.02	4.21	4.66	3.40	3.23
Sales <sup>5</sup>	4.00	3.18	3.28	3.32	2.80	2.75
Vitaminas <sup>5</sup>	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Celulosa <sup>5</sup>	3.40	3.37	3.55	3.60	—	—
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.00	100.00
% Proteína	9.93 ± 0.23	9.60 ± 0.30	10.26 ± 0.16	10.51 ± 0.08	9.09 ± 0.23	10.29 ± 0.08

Clara:Yema: <sup>1</sup> 1:1, <sup>2</sup> 2:1 y <sup>3</sup> 3:1. <sup>4</sup> Aporte de proteína 50:50 de HMN:huevo. <sup>5</sup> Teklad Text Diets, Madison, WI. Los demás ingredientes fueron obtenidos en un supermercado.

En la Tabla 6 se presentan los resultados de las pruebas biológicas de REP y digestibilidad. El valor de REP más bajo correspondió a la caseína y el más alto a la dieta de huevo entero; al ajustar el valor de la caseína a 2.5, dio un valor de 3.65 Este valor es mas alto al esperado, ya que en la bibliografía se informan valores de R.E.P muy cercanos a 3 (33). Los resultados de las mezclas B y C no presentaron diferencias significativas ( $\alpha=10\%$ ), lo que indica que la disminución de yema, al establecer las proporciones de clara huevo de 2:1 y 3:1, no afectó la calidad proteínica de las mezclas.

TABLA 6

Calidad proteínica (REP) y digestibilidad de las mezclas de clara y yema de huevo en polvo y de las mezclas huevo y maíz (HMN)

Dieta	R.E.P. <sup>1</sup>	REP Ajustado	Digestibilidad <sup>1</sup> (%)
Caseína	2.72 ± 0.22 <sup>a</sup>	2.50	90.82 <sup>a</sup> ± 0.69
Mezcla A	3.93 ± 0.32 <sup>c</sup>	3.65	91.29 <sup>a</sup> ± 1.11
Mezcla B	3.31 ± 0.17 <sup>b</sup>	3.08	90.54 <sup>a</sup> ± 1.28
Mezcla C	3.29 ± 0.19 <sup>b</sup>	3.05	90.38 <sup>a</sup> ± 0.85
HMN:A	3.14 ± 0.22 <sup>b</sup>	2.92	86.18 <sup>b</sup> ± 1.69
HMN:C	2.80 ± 0.24 <sup>a</sup>	2.60	88.09 <sup>b</sup> ± 1.29

<sup>1</sup> Letras distintas indican diferencia significativa;  $X \pm D.S. \alpha = 10$

Al comparar los resultados obtenidos en las dietas con maíz, se observó que la dieta de HMN - Mezcla A, tuvo un valor mayor que el obtenido en la dieta HMN-Mezcla C. Esto es lógico, ya que el huevo entero fue el que presentó mejor calidad proteínica. Sin embargo, es importante mencionar que inclusive el resultado obtenido de esta última dieta, fue mayor, aunque no significativo, al encontrado con la dieta patrón de caseína, por lo que se puede decir que todas las dietas estudiadas tienen una elevada calidad proteínica.

En cuanto a los resultados de digestibilidad mostrados en la, misma Tabla 6, se observó que las diferencias entre las primeras cuatro dietas no fueron significativas, el mejor resultado fue el de la dieta de huevo entero. Con relación a las dietas que incluyen maíz, se observó un descenso en la digestibilidad debido posiblemente a la fibra aportada por el cereal. Sin embargo, los resultados obtenidos no son tan bajos como para decir que no son recomendables para su consumo.

En la evaluación sensorial (Tabla 7), se observó que ninguna de las muestras de alimentos elaborados presentó diferencias significativas en las poblaciones estudiadas ( $p < .05\%$ ). Por lo tanto, se puede decir que la utilización de las mezclas de huevo en polvo en diversas formulaciones, no afectan las características sensoriales de los productos y por lo tanto, se pueden utilizar en la elaboración de alimentos como postres, bebidas y productos horneados.

TABLA 7

Análisis de varianza realizada con los datos de la evaluación sensorial de alimentos elaborados con las mezclas

Muestra	Niños		Adultos	
	Fexp vs Fteo*	Dif. Significativa	Fexp vs Fteo*	Dif. Signifi.
Galleta	0.041 < 5.18	No	1.724 < 5.61	No
Natilla	0.011 < 5.18	No	0.122 < 5.61	No
Postre de fresa	0.001 < 5.18	No	1.913 < 5.61	No
Bebida de chocolate	0.005 < 5.18	No	0.301 < 5.61	No

\* F exp = F experimental y F teo = F teórico (en tablas).

## CONCLUSIONES

De este trabajo se puede concluir que con la mezcla de tres claras y una yema, se logra obtener un producto deshidratado bajo en colesterol que conserva las características del huevo en polvo normal que permite elaborar diversos alimentos como son atoles, postres y productos horneados que son de gran aceptabilidad y de alto valor nutritivo.

La mezcla en polvo de más bajo contenido de colesterol (3 claras y 1 yema) agregada en pequeñas concentraciones a la harina de maíz nixtamalizado permite tener una mezcla final de muy bajo costo y con alta calidad proteínica que puede ser utilizada para elaborar diversos alimentos para ser consumidos por individuos de todas las edades, pero especialmente por aquellos con restricciones en el consumo de colesterol.

Para lograr que las mezclas en polvo B y especialmente la C, presenten las características físicas y de reconstitución ideales del huevo en polvo normal, es recomendable agregar lecitina de soya y grasa vegetal para igualar la concentración de estos dos componentes a la del huevo entero.

## REFERENCIAS

- Bourges H. Aterosclerosis. En Nutriología Médica. Casanueva E, Kanfer-Horwitz M., Perez-Lizaur, A., Arroyo P. Eds. Editorial Médica Panamericana. 1995;pp 232-254.
- Arredondo J. Productos de Huevo. Tec Alim 1997;32(1):34-35.
- Paraskevopoulou A, Kiosseoglou V. Cholesterol and other lipid extraction from egg yolk using organic solvents: effects on functional properties of yolk. J Food Sci 1994; 59(4):766-768.
- Chung S L, Ferrier LK. Partial lipid extraction of egg yolk powder: Effects on emulsifying properties and soluble protein fraction. J Food Sci 1991; 56(5):1255-1258.
- Larsen JE., Froning GW. Extraction and Processing of various components from egg yolk. Poultry Sci 1981;60:160-167.
- Warren MW, Ball Jr HR. Lipid composition of hexane and supercritical carbon dioxide reduced cholesterol dried egg yolk. Poultry Sci 1991;70:1991-1997.

7. Bringe NA, Howard DB, Clark DR. Emulsifying properties of low-fat, low-cholesterol egg yolk prepared by supercritical CO<sub>2</sub> extraction. *J Food Sci* 1996; 61(1):19-23 y 43.
8. Bringe NA, Cheng J. Low-fat, Low-cholesterol egg yolk in food applications. *Food Tech* 1995; 49(5):94-104.
9. Smith DM, Awad AC, Bennink MR, GIL JL. Cholesterol reduction in liquid egg yolk using -cyclodextrin. *J Food Sci* 1995; 60(4):691-694 y 720.
10. Stewart Hargis P. Modifying egg yolk cholesterol in the domestic fowl- a review. *World's Poultry Sci J* 1988; 44(1):17-29.
11. Elkin RG, Freed MB, Kieft KA, Newton RS. Alteration of egg yolk cholesterol content and plasma lipoprotein profiles following administration of a totally synthetic HMG-CoA reductase inhibitor to laying hens. *J Agric Food Chem* 1993; 41(7):1094-1101.
12. Earle RL. *Ingeniería de los Alimentos*, 2ª ed., Ed. Acirbia, España, 1988, cap. 7.
13. Association of Official Agricultural Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC* 16ª ed. Washington D.C. 1995.
14. *Manual de Operación, Test-Combinación*, Cat. No., 124095, Lakeside, E.U.A.
15. Stanier RY. *Microbiología*. 4ª ed., Ed. REPLA, México, 1986, cap. 20.
16. Subsecretaría de Salubridad y Asistencia, *Técnicas generales para análisis microbiológico de alimentos S.S.A.* Dirección General de Laboratorios de Salud Pública, México, 1978; pp. 18-19, 28, 37-40.
17. Pellett PL, Young VR. *Nutritional evaluation of protein foods*. The United Nations University, Japón, 1980; pp. 1-5, 103-117.
18. Sotelo A, Lucas B. Determination of net protein utilization using whole carcass, hind leg or liver of the rat and its relationship with protein efficiency ratio determination. *J Nutr* 1978; 108(1) 61-66.
19. *Manual de Operación, Niro Atomizer*, Copenhagen, Dinamarca, No. de serie 2556.
20. Moreyra R. *Fundamentos y aplicaciones de propiedades físicas de alimentos en polvo*. *Tec Alim*, México, 1982; 17(3), pp 4-12.
21. Hard E. *Análisis químico de alimentos de Pearson*. Ed.1 C.E.C.S.A., México, 1988; pp. 25-26.
22. Remington. *Farmacología*. 17ª ed., Ed. Médica Panamericana, Argentina, 1987; Tomo 2, pp.423-424, 439-442.
23. *Normas Mexicanas Oficiales para Alimentos: NOM-092 y de la 111 a la 115-SSA1-1994*. Secretaría de Salud.
24. Pedrero DL, Pangborn RM. *Evaluación sensorial de los alimentos*. Ed. Alhambra Mexicana, México, 1989; pp. 103, 139-144, 221, 249.
25. Chen AW, Resurreccion AVA. Age appropriate hedonic scales to measure food preferences of young children. *J Sensory Studies*, 1996; 11:141-163.
26. Anton M, Gandemer G. Composition, solubility and emulsifying properties of granules and plasma of egg yolk. *J Food Sci* 1997; 62(3):484-487.
27. Mineki M., Kobayashi M. Microstructure of yolk from fresh eggs by improved method. *J Food Sci* 1997; 62(4):757-761
28. Davey EM, Zabik ME, Dawson LE. Fresh and frozen egg yolk protein fractions: Emulsion stabilizing power, viscosity, and electrophoretic patterns. *Poultry Sci* 1969; 48:251-260.
29. Gardner FA, Beck ML, Denton JH. Functional quality comparison of whole egg and selected egg substitute products. *Poultry Sci* 1982; 61:75-78.
30. Muñoz M, Ledesma JA, Roldán JA, Mendoza E, Chávez A, Pérez-Gil E, Hernández SL, y Chaparro A. G. *Tablas de valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México*. Ed. Pax, México, 1996; pp. 232, 322.
31. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, *Norma Oficial Mexicana NOM-F-330-S-1979, Huevo entero deshidratado o en polvo*, Dirección General de Normas, México, 24 de julio de 1979.
32. Kato A, Ibrahim HR, Takagi T, Kobayashi K. Excellent gelation of egg white preheated in the dry state is due to the decreasing degree of aggregation. *J Agric Food Chem* 1991; 38:1868-1872.
33. *Nutrition Document R.15/Add1. PAG(WHO/FAO/UNICEF)*, Marzo, 1962; pp. C119-C122.

Recibido:27-11-1999

Aceptado:09-05-2000