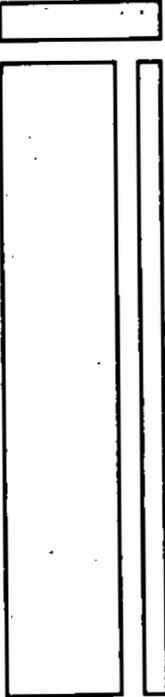




Universidad de la República  
FACULTAD DE AGRONOMIA



29 MAYO 1996



**EVALUACION COMPARATIVA  
DE DOS PIGMENTANTES DE  
LA YEMA DE HUEVO**

ANA BERTI DE GESTO  
ROBERTO OLIVERO  
SILVIA NUÑEZ

**BOLETIN DE INVESTIGACION N° 48**

1995

**MONTEVIDEO**

**URUGUAY**

FACULTAD DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE DOCUMENTACION Y BIBLIOTECA

Las solicitudes de adquisición y de intercambio con esta publicación deben dirigirse al Departamento de Documentación, Facultad de Agronomía, Garzón 780, Montevideo-URUGUAY

**Comisión de Publicaciones:**

Ing. Agr. Osvaldo del Puerto (egresado)  
Ing. Agr. Hugo Pétrocelli (docente)  
Ing. Agr. Héctor González (docente)  
Ing. Agr. Virginia Rossi (docente)  
Bach. Marcelo Nougue (estudiante)  
Bach. Mario Lema (estudiante)  
Bach. Gustavo Uriarte (Editor)

Evaluación comparativa de dos pigmentantes de la yema de huevo./ Ana Berti de Gesto, Roberto Olivero, Silvia Núñez.-- Montevideo: Facultad de Agronomía, 1995.-- 24p. (Boletín de investigación; 48)

**YEMA DE HUEVO  
PIGMENTACION**  
Berti de Gesto, Ana  
Olivero, Roberto, coaut.  
Núñez, Silvia, coaut.

CDU 636.5

## EVALUACION COMPARATIVA DE DOS PIGMENTANTES DE LA YEMA DE HUEVO\*

Ana Berti de Gesto\*\*  
Roberto Olivero\*\*\*  
Silvia Núñez\*\*\*\*

### SUMMARY

In the Experimental Station "Dr. Alejandro Backhaus" of the School of Agronomy an experiment was made with the purpose of evaluating the incidence of two commercial pigments (yellow Carophyll and Citranaxantin) each of them in two different doses-on the colour of the egg yolk, measured in two different ways.

180 egg-laying hens of the line Shaver 288 in their second cycle of production were used. Five treatments of four repetitions and each of them on nine birds were applied according to a factorial design 2 x 2.

The treatments consisted of a witness and the two pigments that were supplied in doses of 3 g/100 Kg and 6 g/100 Kg each of them.

Different parameters related with the colour of the yolk and the variation in the production of eggs were measured. An economical analysis and a market survey were also made.

The measurements were made using a colorimetric fan and a spectrophotometer of atomic absorption with additives for reflexion.

No differences were found in the days before a stabilized colour was obtained (about 9 or 10 days).

Citranaxantin reached greater colour values for both doses (12 and 13 in the colorimetric scale), whereas yellow Carophyll showed values of 8 and 10.

Citranaxantin showed even darker orange colours and yellow Carophyll yellower ones.

According to this, the values of the wave length for Citranaxantin were higher although there wasn't any correspondence with the other physical colour parameters such as excitation purity and relative luminancy.

Citranaxantin in its higher dose was preferred by the consumer's selection test.

The industrial procedure diminishes the values of visual colours.

The colorimetric fan is not an adequate method for measurements regarding these parameters.

**Key words:** pigments of yolk, yellow Carophyll, Citranaxantin

---

Recibido el 22 de setiembre, 1992

Aceptado el 4 de octubre, 1993

\* Evaluación nutricional de aditivos para aves, Fac. de Agronomía.

\*\* Prof. Adj. Avicultura

\*\*\* Ay. Avicultura

\*\*\*\* Ing. Agr.

ANA BERTI DE GESTO - ROBERTO OLIVERO - SILVIA NUÑEZ

## EVALUACION COMPARATIVA DE DOS PIGMENTANTES DE LA YEMA DE HUEVO

### RESUMEN

Se realizó un experimento en la Estación Experimental "Dr. Alejandro Backhaus" de la Facultad de Agronomía, con el fin de evaluar la incidencia de dos pigmentantes comerciales (Carophyll amarillo y Citranaxantina), en dos dosis diferentes cada uno, sobre la coloración de la yema de huevo -medida bajo dos formas diferentes- sobre parámetros de producción, preferencia de mercado y análisis de costo.

Se utilizaron 180 gallinas ponedoras de la línea Shaver 288, en segundo ciclo de producción, aplicándose 5 tratamientos de 4 repeticiones, las que constaban de 9 aves cada una, según un diseño factorial 2 x 2 más un testigo.

Los tratamientos constaban de un testigo y los dos pigmentantes, siendo éstos suministrados a las dosis de 3 g/100 kg de alimento y 6g/100 kg cada uno.

Las mediciones se realizaron con abanico colorimétrico y con espectrofotómetro de absorción atómica con aditivos para reflexión.

No se encontraron diferencias en los días necesarios para llegar al color estabilizado (entre 9 y 10 días).

La Citranaxantina alcanzó valores mayores de color para ambas dosis (12 y 13 de la escala colorimétrica), mientras que el Carophyll amarillo mostró valores de 8 y 10.

La Citranaxantina dio colores más anaranjados y el Carophyll amarillo, más amarillos.

Esto se reflejó en valores más altos de longitud de onda para la Citranaxantina, aunque no se vio correspondencia con los otros parámetros físicos del color (pureza de excitación y luminancia relativa).

La Citranaxantina a la dosis más alta fue preferida en la encuesta de selección de los consumidores.

El proceso industrial disminuye los valores de color visual.

El abanico colorimétrico no es el método adecuado para mediciones de color de la yema procesada.

**Palabras claves:** pigmentantes de yema, Carophyll amarillo, Citranaxantina.

### INTRODUCCION

Los productos avícolas bien pigmentados son preferidos en general por los consumidores. Por este motivo deben tener ingredientes ricos en xantofilas.

Estas son pigmentos naturales presentes en algunos de los alimentos suministrados a las aves, que se fijan a la yema, piel y grasa.

Se encuentran por ejemplo en harina de alfalfa, gluten meal o maíz amarillo. La harina de alfalfa es una fuente económica de estos pigmentos, pero su bajo contenido en energía y su alto contenido en fibra, hace que su empleo a veces no sea adecuado.

El maíz amarillo y el gluten meal, también ricos en pigmentos, presentan el inconveniente del alto costo en nuestro país, lo que se debe tener en cuenta cuando se formulan raciones de mínimo costo, o cuando hay problemas de abastecimiento o de precios en el mercado.

Es por estas causas que se recurre al uso de pigmentantes comerciales.

A nivel oficial, existen pocos datos en el país sobre el resultado del uso de pigmentantes. Los mismos son utilizados por los productores de huevos para consumo, con resultados variables, ya que su utilización se fundamenta en la información que proporcionan las firmas comerciales, o informaciones de otros países.

En lo referente a la pigmentación de la yema del huevo, según Kolb (1971), tras iniciar la administración de un carotenoide a las aves, se alcanza en el curso de diez días un aumento en la eliminación en las yemas, sin que una vez alcanzada una determinada concentración se registre ningún nuevo aumento en el contenido de pigmento. Una vez interrumpida la administración de carotenoides, disminuye intensamente en el curso de diez días la cantidad de pigmento contenida en la yema de huevo.

Marusich et al. (1960), en Scott et al. (1968), citan que el techo de pigmentación se obtiene después de los once días de administrar una dieta particularmente rica en pigmentantes.

Desde el punto de vista químico los pigmentantes sintéticos utilizados tienen como punto inicial de síntesis el apo-carotenal. Este compuesto es un pigmentante efectivo de las yemas de huevo, tal como lo demostraron Bunnell et al. (1962) Marusich et al. (1960), que encontraron que las dosis más altas de este compuesto deban mejor pigmentación que las más bajas.

Papa y Fletcher (1985) no encontraron diferencias significativas entre el beta-apo-8'-carotenal y un testigo, respecto a la eficiencia de conversión alimenticia, medida como kg de alimento sobre kg de huevo.

Roche (s/f) define que el Carophyll amarillo es un pigmentante sintético, cuya base es el éster apocarotenoico, Curtarelli et al. (1983) encontraron que la adición de Carophyll amarillo o razón de 3g/100 kg y 6g/100 kg a una ración base de raspadura de mandioca, eran suficientes para obtener colores aceptables, de 8 y 9 respectivamente en la escala Roche.

Norman et al. (1973), suministrando 2 mg/ave/día de Carophyll amarillo, encontraron la mayoría de los huevos coloreados en un entorno de valores 8 (abanico Roche).

En la Escuela de Avicultura de Florida Briart y Cuello (1985), hicieron un ensayo donde verificaron que adicionando Carophyll amarillo a razón de 4g/100 kg de ración, a una ración testigo (sin pigmentos naturales), se obtenía un valor de 3 en el abanico Roche, a los tres días de iniciado el suministro, permaneciendo este color hasta el final de la prueba.

Estos mismos autores citan que el consumo del pigmento no afectó en ninguna forma la producción, el consumo de ración ni la viabilidad de las aves.

El Lucantín Cx (Citranaxantina) es un producto comercial sintético que se elabora partiendo de beta-apo-8'-carotenal y acetona, definiéndose químicamente como una cetona.

El manual del fabricante cita que "la Citranaxantina constituye un carotenoide natural que se encuentra en las frutas cítricas."

Bronsch (1969), citado por Basf (s/f), efectuó un ensayo de distintas dosis de Citranaxantina y observó que ya a la semana de haber dado 2 ppm. de este pigmentante, ocurrió un viraje al rojo de la yema en el espectro, efecto que era todavía más intenso a 4 ppm.

Igualmente, Hayerman (1968), citado por Basf (s/f), encontró que la adición de Citranaxantina aumentaba los valores de longitud de onda dominante y pureza de excitación, referido a un testigo al que no se le adicionaba Citranaxantina.

La firma fabricante de la Citranaxantina recomienda adiciones desde 1,5 g/100 kg de ración, hasta 6 g/100 kg de ración. Estas dosis varían para distintos contenidos de xantofilas de la ración basal.

## EVALUACION COMPARATIVA DE DOS PIGMENTANTES DE LA YEMA DE HUEVO

En un ensayo hecho en Brasil, Curtarelli et al. (1983), encontraron que la adición de 6 ppm. de Citranaxantina a una ración a base de raspadura de mandioca (donde no existen prácticamente pigmentos carotenoides), daba un color apenas aceptable, correspondiente a un 5,5 de la escala Roche.

En cambio un valor de 18 ppm. del mismo producto, proporcionaba excelente coloración a los huevos, citándose un valor de aproximadamente 10 en la escala Roche. Se observa diferencia frente a un testigo sin Citranaxantina. La Citranaxantina proporciona colores amarillo claro o amarillo oro.

Karunajeewa (1978), trabajando con pigmentos entre los que se encontraban el Carophyll amarillo y la Citranaxantina, encontró que las fuentes de xantofila sintéticas estimulaban el consumo, mostrando una tendencia al aumento en la producción de huevos, aunque no significativa.

Quackenbush et al. (1965), citado por Allen (1989), indica que la estructura estereoquímica de los carotenoides afecta las tasas de absorción.

Con respecto a la estabilidad del color frente al procesado, se cita por parte de Carlson et al. (1964), que el color de las yemas de huevo disminuye cuando las mismas se procesan para la fabricación de mayonesa, aun utilizando pigmentantes naturales y/o sintéticos.

En lo que tiene que ver con las preferencias del mercado acerca de la coloración de yema, se realizó una encuesta en el Uruguay en 1969, que demostró la preferencia por un huevo de yema anaranjada. El valor 13 de la escala Roche fue elegido por el 53% de los encuestados, y el valor 10 por el 32% de los mismos.

Con referencia a las formas de medición del color de la yema, éste se puede medir a través del abanico colorimétrico, por el método AOAC o por espectrofotómetro de absorción atómica.

Según Bornstein y Bartov (1966), el abanico colorimétrico no es un método exacto ya que depende del ojo del observador, el cual no es muy sensible. Janky (1979), citado por Smith (1979), informó acerca de los problemas que tiene la percepción subjetiva del color, y cita la importancia de utilizar aparatos de medición para cuantificar la percepción del color.

Fletcher (1980) utiliza el método AOAC, en donde se extraen los pigmentos con acetona, midiéndose la absorbancia que se compara con una curva standard de beta-caroteno. El método se juzga como inadecuado cuando se trata de comparar color proveniente de distintas fuentes, por ej. alimento y un pigmentante artificial dado.

Smith (1979), sugiere la necesidad de utilizar procedimientos espectrofotométricos para la determinación del color, y lo prefiere frente al método AOAC.

Basf (s/f) cita que el método más exacto para determinar el color de la yema es la medición de la reflexión de la luz de una yema, a distintas longitudes de onda. La reflectancia fue preferida como método de medición por De Groot (1970).

Los parámetros evaluadores del color son la longitud de onda dominante, la pureza de excitación y la luminancia relativa, tal como lo cita Fletcher (1980), quien trabajando con Cantaxantina, comprobó que las yemas que poseían este pigmento tenían longitud de onda más alta que las yemas que contenían mezcla de este pigmento y ración basal (ración a base de maíz amarillo, sin Cantaxantina), y que las yemas que eran coloreadas sólo con ración basal.

Esto indicaba un color "más rojo" o una naranja definido, frente al amarillo. A la vez, la pureza de excitación fue más alta en las yemas amarillas, lo que indicaba que la intensidad del color a la longitud de onda empleada era más alta, o que la concentración del pigmento era más alta en las yemas amarillas. La luminancia fue más alta para las yemas amarillas, lo que indica más claridad en estas que en las que contenían Cantaxantina.

Papa y Fletcher (1985), trabajando con distintos pigmentos, entre los que se encontraba el beta-apo-8'-Carotenal encontraron mayor longitud de onda en estos, comparados como un testigo. La pureza de excitación no mostró mayores diferencias y la luminancia fue más alta para el testigo.

Janky (1979), citado por Smith (1979), afirma que la longitud de onda y la pureza de excitación son los parámetros más importantes en la medición del color, y son las medidas que pueden ser correlacionadas con el color visual. La luminancia no es tan importante, y se observa que varía inversamente con la saturación.

En este trabajo se propone evaluar la efectividad de dos pigmentantes comerciales, el Lucantin Cx (Citranaxantina) (x) y Carophyll amarillo (xx) sobre la yema del huevo.

Los objetivos son determinar la velocidad de pigmentación de la yema medida a partir del momento en que se comienza a suministrar a las aves los pigmentantes, determinando el grado colorimétrico en que se mantiene estable el color para cada dosis. Son también objetivos medir la estabilidad del color frente al procesado industrial de la yema, determinar la correspondencia de las medidas de los grados de pigmentación en el abanico colorimétrico con el análisis espectrofotométrico de la concentración de los pigmentos y cuantificar las reacciones que puedan existir entre el suministro de pigmentantes y ciertas variables de producción de huevos. Se pretende a la vez, evaluar la preferencia del color de yema por el mercado consumidor, realizando un análisis económico del uso de los pigmentantes.

## MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron 180 gallinas ponedoras de la línea Shaver 288, en segundo ciclo de producción, alojadas en jaulas individuales.

Los comederos y bebederos eran de tipo canal suministrándose alimento y agua ad libitum.

Para las medidas de color se utilizaron un abanico colorimétrico Roche y un espectrofotómetro Beckman DU provisto de accesorio de reflexión. Se utilizó también una batidora para determinar la estabilidad del color en el procesamiento (batido), y para registrar la estabilidad frente al cocido y horneado se utilizó una cocina a gas (horno a 280°C).

Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

1. Testigo. Ración basal + núcleo vitamínico-mineral.
2. Ración basal + núcleo vitamínico-mineral + 3 g de Lucantin Cx/100 kg.
3. Ración basal + núcleo vitamínico-mineral + 6 g de Lucantin Cx/100 kg.
4. Ración basal + núcleo vitamínico-mineral + 3 g de Carophyll amarillo/100 kg.
5. Ración basal + núcleo vitamínico-mineral + 6g de Carophyll amarillo/100 kg.

La composición química cuantitativa porcentual de la ración basal llena los requerimientos de gallinas ponedoras según las recomendaciones del NRC.

EVALUACION COMPARATIVA DE DOS PIGMENTANTES  
DE LA YEMA DE HUEVO

En cuanto a la composición por ingredientes de la ración basal, ésta se detalla en el cuadro 1.

Cuadro 1.- Composición por ingredientes de la ración basal, expresada para 100 kg.

Ingredientes	KG
Maíz amarillo	3,75
Sorgo	64
Harina de girasol	6,5
Harina de pescado	6
Harina de sangre	3
Harina de carne	2,82
Afrechillo de trigo	4,25
Carbonato de calcio	5,75
Conchilla molida	3,75
Sal	0,18

La composición del núcleo vitamínico mineral se ve en el cuadro 2.

Cuadro 2.- Composición del núcleo vitamínico-mineral, expresada cada 100 kg.

Oxido de manganeso	10 g
Zinc bacitracina	20 g
Furazolidona	6 g
Sarb M 33 layer	150 g *
Acido ascórbico	6 g
Cloruro de colina	50 g
Premix AM broilers	50 g **

Los precios de las raciones correspondientes a los distintos tratamientos, tomados a diciembre de 1985 y expresados como porcentaje (tomando como 100% el testigo), fueron:

Tratamiento 1.	100,00
Tratamiento 2.	102,47
Tratamiento 3.	104,94
Tratamiento 4.	102,97
Tratamiento 5.	105,23

\* Nombre comercial de un núcleo vitamínico-mineral de la firma Sarb

\*\* Nombre de un núcleo mineral de la firma Roche.

Los distintos costos se deben al tipo y dosis de pigmentante.  
La duración del ensayo fue de 37 días, abarcando tres fases:

- 1) Uniformización del color. Antes de comenzar a administrar los tratamientos, se suministró a todas las aves una ración homogeneizante de bajo contenido de pigmentos naturales y sin pigmentos sintéticos, por espacio de 15 días, a los efectos de lograr homogeneidad en el color de las yemas. El color observado se situó entre 2 y 3. (abanico Roche).
- 2) Incremento del color. Se comenzaron a administrar los tratamientos, y se determinó la variación experimentada por el color, midiéndose los días necesarios para llegar al color estabilizado.
- 3) Estabilización del color. Cuando el color se estabilizó, se determinaron los valores de estabilización para cada uno de los tratamientos.  
El diseño experimental utilizado correspondió a un factorial 2 x 2, en parcelas al azar. Los tratamientos se adjudicaron a 4 repeticiones de 9 aves cada una.  
Las mediciones efectuadas fueron:
  - 1) Del color de la yema de huevo sin procesar:
    - a. **En abanico colorimétrico.** Mientras se suministraron los pigmentantes se realizaron medidas diarias, hasta que se estabilizó el máximo color alcanzado en cada tratamiento. Las medidas se realizaron con la yema de huevo sin romper, luego de separar la clara, en una placa de Petri colocada sobre papel blanco. Se midieron dos huevos por cada repetición.
    - b. **Con espectrofotómetro de absorción atómica con aditivos para reflexión.** Se tomaron nueve medidas buscando que las mismas fueran representativas de las tres fases del experimento.  
En el presente experimento se utilizó como fuente luminosa el iluminante A lámpara incandescente de tungsteno a una temperatura de 2854°K. La muestra se colocó en una cubeta plástica de sección circular (diámetro 2,5 cm y altura 1,7 cm). Las lecturas se efectuaron a intervalos de 30 nm en el rango de 380 a 770 nm. Con los datos de reflexión se calcularon los coeficientes tricromáticos x, y, z, y los parámetros del color (longitud de onda dominante, luminancia relativa y pureza de excitación).
  - 2) Del color de la yema de huevo procesada:
    - a. **Batido.** En primer lugar se midió el color de la yema a huevo abierto, por medio del abanico colorimétrico Roche. Luego se procedió a batir las yemas correspondientes a cada uno de los tratamientos, por medio de una batidora común. El tiempo de batido fue primero de 5 segundos, y luego de 3 minutos, para cada tratamiento, e inmediatamente se procedió a medir en el abanico el color resultante a los efectos de observar como varió con respecto al color original, luego de cada batido.  
La medida se realizó cuando el color se encontraba estabilizado en el máximo.
    - b. **Cocido.** Se tomaron dos huevos por tratamiento, efectuándosele a uno una medida de color de yema a huevo abierto, mientras que el otro se hirvió por espacio de 15 minutos y luego se midió el color de su yema.  
Las medidas relativas a cocido se realizaron cuando el color se encontraba estabilizado en el máximo.
    - c. **Horneado.** Se procedió a la realización de tortas con huevos procedentes de los distintos tratamientos. Al igual que en las determinaciones anteriores, se realizó con el color estabilizado.

## EVALUACION COMPARATIVA DE DOS PIGMENTANTES DE LA YEMA DE HUEVO

- 3) Variables de producción de huevos. Se determinó el porcentaje de postura (medido como gallina/día) el peso de huevo semanal, el consumo alimenticio semanal correspondiente a cada repetición, y la conversión alimenticia semanal (expresada como kg alimento/kg huevo).
- 4) Encuesta sobre preferencias del consumidor. Se realizó una encuesta entre los funcionarios de la Facultad de Agronomía en el día de venta de huevos, presentándoles un huevo abierto correspondiente a cada tratamiento.

Las preguntas realizadas fueron las siguientes:

Pregunta 1.- ¿Cuál de estos 5 huevos adquiriría, tomando en cuenta el color de la yema?.

Pregunta 2.- Con la diferencia de precios existentes respecto al huevo del tratamiento 1, ¿cuál de estos huevos compraría?.

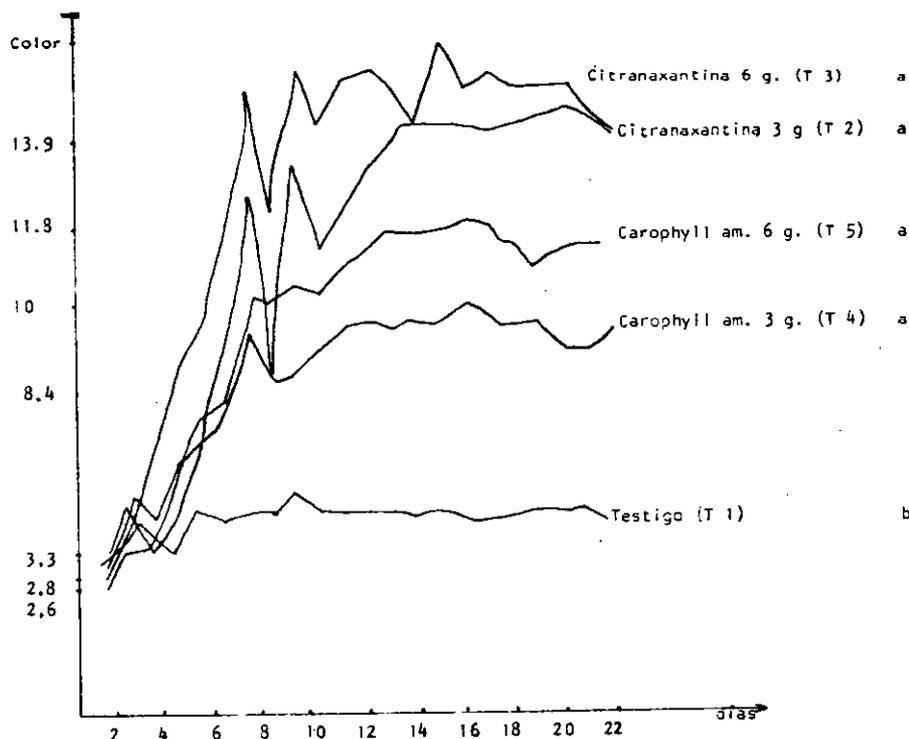
### RESULTADOS

En la fase 1 del experimento se observó que durante el suministro de ración sin pigmentantes, el color se estabilizó en el valor 2,5 del abanico Roche.

Con respecto a los parámetros medidos durante las restantes fases del experimento, se encontraron los siguientes resultados:

#### A. Número de días en alcanzar la estabilidad del color

En la fase 2, fase en que se midió este parámetro, se registró un incremento del color, el cual se puede visualizar en la gráfica 1.



Valores seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí.

P menor 0,01

En esta gráfica se aprecia la relación existente entre el color medido en abanico colorimétrico Roche y los días considerados.

La interacción producto x dosis no muestra diferencias significativas a ninguno de los niveles considerados.

### B. Color

Se realizaron las determinaciones de color en la fase 3 del experimento.

Los resultados obtenidos fueron:

#### 1. Medida de color en abanico colorimétrico

Los resultados se observan en el cuadro 3

**Cuadro 3.-** Promedio de las medidas de color por abanico durante la fase 3

Testigo	T 1 - 4,27 a
Citranaxantina	T 2 - 11,59 b
	T 3 - 13,15 c
Carophyll amarillo	T 4 - 8,31 d
	T 5 - 9,87 e
(P<0,01)	

Valores seguidos de distinta letra difieren estadísticamente entre sí.

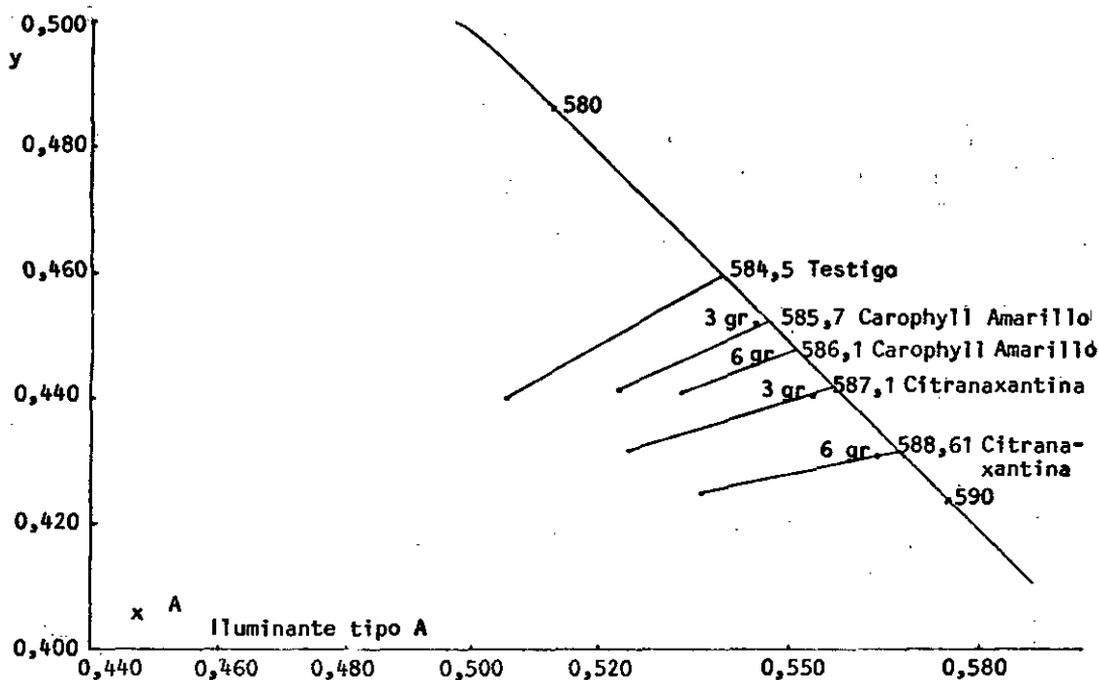
La interacción producto x dosis resultó no significativa.

#### 2. Medidas de color en espectrofotómetro

Se graficaron los valores de x e y en un diagrama de cromaticidad para todos los tratamientos en forma de promedio a través de los días, estando cada uno de ellos representado por un punto, tal como se aprecia en la gráfica 2.

Los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros se resumen en el cuadro 4.

EVALUACION COMPARATIVA DE DOS PIGMENTANTES  
DE LA YEMA DE HUEVO



Gráfica 2.- Diagrama de cromaticidad del experimento

**Cuadro 4.-** Promedio de las medidas de longitud de onda dominante, del porcentaje de pureza de excitación y de luminancia relativa durante la fase 3.

		longitud de dominante (nm)	(%) pureza de excitación	luminancia relativa
Testigo	T 1	584,5 a	65,7 a	46,48 a
Citranaxantina	T 2	587,1 b	69,56 b	42,51 b
	T 3	588,61 c	74,89 c	39,12 c
Carophyll amarillo	T 4	585,7 d	76,90 d	44,35 d
	T 5	586,1 e	83,70 e	42,04 e

Valores seguidos de distinta letra difieren significativamente entre sí ( $P < 0,01$ )

Observando la gráfica 2 vemos que para la Citranaxantina las longitudes de onda dominantes son mayores que para el Carophyll amarillo, cualquiera sea la dosis. Existe un corrimiento al rojo, para todos los casos.

Cuanto mayor es la concentración del pigmento, mayor es el corrimiento espectral hacia el rojo.

Se observa que la pureza se incrementa para todos los casos, respecto del testigo.

La pureza se ve más aumentada en el caso del Carophyll amarillo, para cualquiera de sus dosis, que en el caso de Citranaxantina.

En lo que tiene que ver con luminancia, se observa una particular dispersión correspondiente al valor de luminancia de Citranaxantina a la dosis más alta.

La interacción producto x dosis fue significativa al 5% para longitud de onda, pero no fue significativa para pureza de excitación ni para luminancia relativa.

Para las coordenadas x e y los resultados se aprecian en el cuadro 5.

**Cuadro 5.- Promedio de valores de las coordenadas x e y durante la fase 3.**

	<u>x</u>		<u>y</u>
Testigo	T 1 - 0,5107 a	Testigo	T 1 - 0,4396 a
Citranaxantina	T 2 - 0,5240 bc T 3 - 0,5400 bd	Citranaxantina	T 2 - 0,4318 b T 3 - 0,4245 c
Carophyll amarillo	T 4 - 0,5225 bc T 5 - 0,5347 bd	Carophyll amarillo	T 4 - 0,4416 d T 5 - 0,4419 e

Valores seguidos de distinta letra difieren significativamente entre sí ( $P < 0,01$ ).

En el caso de la coordenada y se halló significancia en la interacción producto x dosis, al 1%.

No se realizó análisis de varianza para la coordenada Z, ya que si bien el color es una magnitud tridimensional, este parámetro queda definido en función de X e Y, ya que  $X+Y+Z=1$ .

### 3. Color de la yema de huevo luego del procesado industrial

Con respecto al batido, se observó que el batido instantáneo (5 segundos) no mostraba variación en el color original.

El batido por 3 minutos sí representó un descenso de color, los valores se muestran en el cuadro 6.

**EVALUACION COMPARATIVA DE DOS PIGMENTANTES  
DE LA YEMA DE HUEVO**

**Cuadro 6.- Valores de batido durante la fase 3**

Tratamiento	Color original	Color luego de Batido instantáneo	Color luego de batido por 3 mn
T 1	4	4	1
T 2	7,8	7,8	3
T 3	11	11	7
T 4	7	7	3
T 5	8,5	8,5	5

No se realizó análisis de varianza ya que se mezclaron huevos de distintas repeticiones para realizar el proceso de batido.

En lo relativo al cocido se mantuvieron las mismas tendencias observadas en huevo fresco, mostrando el Carophyll amarillo colores más amarillos, y la Citranaxantina colores más naranjas, observándose si una disminución de los colores originales para ambos pigmentantes. No obstante, estas disminuciones no se pudieron registrar mediante el abanico Roche, en virtud de ser muy tenues las tonalidades observadas y no corresponder a los colores reales del abanico.

Con respecto al horneado, no se encontraron diferencias en el color de las tortas, pero se hace la aclaración de que en este caso tampoco es posible la aplicación de la medida abanicométrica, por iguales motivos que en el caso de cocido.

**4. Correspondencia entre las medidas de los grados de pigmentación en el abanico, y el análisis espectrofotométrico.**

Se verificó una correspondencia entre los valores obtenidos en el abanico colorimétrico y los datos obtenidos del análisis espectrofotométrico, en lo referente a la longitud de onda dominante. Es así como se observa que la Citranaxantina a la dosis mayor alcanza los mayores tonos en el abanico y también la mayor longitud de onda en el análisis físico, manteniéndose para los restantes casos la correspondencia.

La relación de correspondencia no se mantiene para los parámetros pureza de excitación y luminancia relativa.

**Cuadro 7.- Correspondencia entre los valores del color abanico y los valores de longitud de onda dominante, pureza de excitación y luminancia relativa.**

	Color por abanico	long. de onda dom.(nm)	pureza ex.(%)	lum. rel.
T 1	4,27	584,5	65,7	46,48
T 2	11,59	587,1	69,56	42,51
T 3	13,15	588,61	74,89	39,12
T 4	8,31	585,7	76,9	44,35
T 5	9,87	586,1	83,7	42,04

**C. Variables de producción de huevos**

Los promedios de porcentaje de postura, peso de huevo y consumo alimenticio se observan en el cuadro 8.

**Cuadro 8.- Valores promedio de porcentaje de postura, peso de huevo (g) y consumo alimenticio semanal/repetición (kg).**

		% postura	Peso huevo (g)	Consumo ración (kg)
Testigo	T 1	80,71 a	61,56 a	7,221 a
Citranaxantina	T 2	80,50 a	60,66 a	7,367 b
	T 3	79,39 a	61,36 a	7,408 b
Carophyll amarillo	T 4	78,88 a	61,17 a	7,362 b
	T 5	80,11 a	61,26 a	7,350 b

Valores seguidos de distinta letra difieren estadísticamente entre sí ( $P < 0,05$ )

La interacción producto x dosis no fue significativa para ninguno de los 3 parámetros considerados a ningún nivel.

Los promedios de eficiencia de conversión, kg de huevo y número de huevos producidos se aprecian en el cuadro 9.

**Cuadro 9.- Valores promedios de eficiencia de conversión, kg de huevo y número de huevos producidos.**

		eficiencia de conversión (Kg alim/Kg huevo)	kg de huevos	Nº de huevos
Testigo	T 1	2,43 a	2,97 a	48,3 a
Citranaxantina	T 2	2,32 a	3,17 a	52,3 a
	T 3	2,48 a	2,98 a	48,7 a
Carophyll amarillo	T 4	2,57 a	2,87 a	46,8 a
	T 5	2,66 a	2,76 a	45,1 a

Valores seguidos de distinta letra difieren estadísticamente entre sí ( $P < 0,05$ )

**EVALUACION COMPARATIVA DE DOS PIGMENTANTES  
DE LA YEMA DE HUEVO**

Para la eficiencia de conversión se encontraron diferencias significativas entre productos, al nivel de 5%.

No se halló significancia en la interacción producto x dosis, respecto a este parámetro.

Con el fin de explicar la significancia hallada entre los dos productos respecto a eficiencia de conversión, se realizó el análisis de kg de huevo y número de huevos producidos.

En lo referente a kg de huevo, si bien no se encuentran diferencia entre dosis sí la hay entre productos, a nivel de 1%.

Para número de huevos no se hallaron diferencias significativas de ningún tipo.

**D. Preferencias del consumidor**

El resultado de la encuesta realizada mediante las preguntas 1 y 2 se muestra en el cuadro 10.

**Cuadro 10.- Preferencias del consumidor**

Tratamiento	Número de respuestas favorables		%	
	Preg. 1	Preg. 2	Preg. 1	Preg. 2
1	0	1	0	2,63
2	1	2	2,63	5,27
3	34	32	89,47	84,21
4	0	0	0	0
5	3	3	7,89	7,89

Se observa una evidente preferencia por los huevos del tratamiento 3.

**E. Análisis económico**

Considerando el promedio de conversión alimenticia para cada tratamiento, se realizó el cálculo de costo de ración/kg de huevo, obteniéndose luego el costo expresado en porcentaje, considerando el testigo como 100.

**Cuadro 11.- Análisis económico**

Tratamiento	1	2	3	4	5
%	100	97,62	106,45	108,91	115,86

## DISCUSION

### A) Número de días en alcanzar la estabilidad del color

La diferencia entre el testigo y los productos se explica porque cuando se inició el ensayo se le suministró al testigo la misma ración basal que a los tratamientos, pero sin el agregado de pigmentantes artificiales.

Con la ración basal, las aves del testigo pasaron a valores de alrededor de 4 del abanico, debido a los pigmentos naturales que contenía dicha ración, y ese ascenso de color demoró en promedio 5 días. Podemos suponer que la demora de 5 días en alcanzar el color 4 del abanico es debida entonces, para todos los tratamientos, a los pigmentos presentes en la ración basal. A partir de allí, las diferencias se debieron a los pigmentantes artificiales.

Observando la gráfica 1 se aprecia que para todos los tratamientos, la curva de color en función del tiempo es ascendente. Esto confirma que la pigmentación es un fenómeno progresivo, lo que está de acuerdo con lo anunciado por los diferentes autores. Es el caso de Briart y Cuello (1985) respecto al Carophyll amarillo, y Bronsch (1968) para la Citranaxantina.

No se observaron diferencias significativas entre los productos en lo que tiene que ver con los días para llegar al color máximo, lo que es coherente de acuerdo al rango de días observado con lo encontrado por Marusich et al. (1960) citado por Bunnell et al. (1962), quienes determinaron un lapso de 11 días para alcanzar el techo de pigmentación, luego de dar una dieta rica en pigmentantes.

También Kolb (1971) cita 10 días para llegar a este máximo estabilizado luego de suministrar un carotenoide.

La no diferencia observada entre las dosis probablemente ocurre porque promedialmente ambas dosis de Carophyll amarillo requieren el mismo número de días para llegar al color estabilizado. No ocurre lo mismo con la Citranaxantina, donde se alcanza promedialmente el color estabilizado con 10 días para la dosis de 3 g pero con 8 días para la dosis 6 g.

Se ve en ese sentido una diferencia, pero su ponderación no es lo suficientemente elevada como para dar relevancia significativa.

Probablemente, si se hubiera trabajado sólo con Citranaxantina, se hubieran obtenido diferencias, tal como lo encontró Bronsch (1968) trabajando con este pigmentante, llegando más rápidamente al plató de pigmentación con las dosis más altas.

La interacción no significativa entre el producto y la dosis permite inferir que, según el análisis abanicométrico, no hay diferencia en los días para alcanzar el techo de color, cuando varía producto y dosis conjuntamente.

### B) Color

#### 1) Medida de color en abanico colorimétrico

La observación de la gráfica 1, que muestra que el techo de pigmentación alcanzado con las dosis más altas, es mayor que el que se logrará con las dosis más bajas, es coherente con lo encontrado por Marusich et al. (1960) trabajando con beta-apo-8'-carotenal.

En relación a los resultados obtenidos del análisis de varianza de color por abanico, podemos concluir que los dos productos usados tienen poder pigmentante con respecto al testigo.

## EVALUACION COMPARATIVA DE DOS PIGMENTANTES DE LA YEMA DE HUEVO

Esta es una constante encontrada por los diferentes investigadores, como por ej. Curtarelli et al. (1983) para Carophyll amarillo, y Curtarelli et al. (1983) para Citranaxantina.

En lo que tiene que ver con la diferencia entre los productos, permite afirmar la superioridad de la Citranaxantina desde el punto de vista de máximo color visual.

La diferencia observada entre las dosis muestra la mayor efectividad de las dosis de 6 g tanto para Carophyll amarillo como para Citranaxantina.

La interacción no significativa entre productos y dosis se interpreta como un incremento similar en el color al variar productos y dosis conjuntamente.

En lo que tiene que ver con la apreciación visual de los colores, las impresiones al ojo humano mostraron tendencias al amarillo oro en el caso de Carophyll amarillo, lo que concuerda con lo descrito por Norman et al. (1973), quien asigna al Carophyll 10 (Carophyll amarillo) valores alrededor de 8 del abanico colorimétrico; mientras que los colores anaranjados observados en la Citranaxantina permiten discrepar con Curtarelli et al. (1983) quienes encontraban un color amarillo claro a amarillo oro en este pigmentante.

### 2) Medidas en espectrofotómetro

Respecto a la longitud de onda dominante, los resultados concuerdan con lo hallado por Havermann (1968), citado por Basf (s/f) respecto a Citranaxantina, en el sentido, de que los pigmentantes incrementaban el valor de la longitud de onda dominante.

También se coincide con lo descrito por Papa y Fletcher (1985) para el beta-apo-8'-carotenal, y lo citado por Fletcher (1980) para Cantaxantina.

La significancia encontrada entre los tratamientos y el testigo muestra la diferencia que se encuentra entre los pigmentantes y la ración que no contiene carotenoides artificiales.

Observando el cuadro comparativo de longitudes de onda, se aprecia que los valores de Citranaxantina siempre son más altos que los de Carophyll amarillo, para cualquier dosis, por lo tanto posee mayor valor pigmentante.

En referencia a la significancia encontrada entre dosis, permite afirmar que la dosis de 6 g es más efectiva que la de 3 g independientemente del pigmentante en cuestión.

La significancia encontrada en la interacción producto X dosis al 5% muestra una mejora diferente en la longitud de onda cuando se duplica la dosis de ambos pigmentantes.

Analizando los resultados obtenidos en pureza de excitación, vemos que los valores encontrados son siempre superiores para el Carophyll amarillo que para la Citranaxantina, a ambas dosis, lo que permite afirmar que el primer pigmentante es un amarillo "más amarillo" que lo que es como rojo la Citranaxantina, esta sería un rojo algo "lavado", es decir con mezcla de blanco. Descrito en términos de eficiencia cromática el Carophyll amarillo es más eficiente que la Citranaxantina con respecto al parámetro pureza de excitación.

Hay coincidencia con lo descrito por Havermann (1968), citado por Basf (s/f) respecto a la Citranaxantina, en el sentido que la pureza aumenta al aumentar la dosis.

En cambio Papa y Fletcher (1985) no encontraron una diferencia significativa, pero en el caso de estos investigadores la no significancia encontrada puede deberse al elevado contenido en maíz amarillo de la ración basal.

El valor de pureza de excitación registrado para la dosis de 3 g de Citranaxantina (69,56%) es bastante cercano al valor del testigo (65,7%) lo que debe ser tenido en cuenta como factible limitante para las propiedades ópticas del pigmento, al menos a esa dosis.

Considerando la luminancia relativa, es importante recalcar para este parámetro, la particular dispersión que presenta el valor correspondiente al tratamiento 3, o sea, 6 g de Citranaxantina. Este valor resulta ser el menor de los encontrados, lo que se interpreta como un menor brillo, o más bien, una menor eficiencia visual para esta dosis en particular.

Los valores menores de luminancia de los tratamientos respecto del testigo coinciden con otras experiencias, como las de Fletcher (1980), Papa y Fletcher (1985) y Janky (1979), citado por Smith (1979).

El valor más bajo que presentó la Citranaxantina a 6 g se interpreta como una limitante física que presenta este pigmento a esta dosis. No obstante, no debe sobreestimarse esta limitante, en virtud de no considerarse a la luminancia relativa como un parámetro definitorio en las propiedades ópticas de un objeto. En el caso del huevo, sobre el brillo incidirían la intensidad, dirección y tipo de luz, presencia o no de la membrana vitelina, etc.

Respecto a las coordenadas  $x$  se observa a través de la gráfica 2 y del análisis de varianza, una no significancia entre productos, ya que en el eje  $x$  se ve que son muy poco diferentes los valores para los dos pigmentos. A la vez, entre dosis la diferencia es escasa, pero no obstante lo suficiente para mostrar una significancia a ambos niveles.

Cohérente con estos resultados se muestra la experiencia de Bronsch (1968), citado por Basf (s/f) para la Citranaxantina, ya que se observó un aumento en  $x$  con la dosis, a pesar de no citar este autor si existía o no significancia.

Para y, observando la gráfica 2, si hacemos una proyección horizontal sobre el eje y podemos apreciar la distancia que separa a ambos pigmentantes, lo que aclara porqué se encuentra diferencia entre productos. A su vez, si bien para el Carophyll amarillo a ambas dosis, la diferencia es escasa, no ocurre lo mismo con respecto a la Citranaxantina, quien presenta un valor de  $y$  bastante menor para la dosis de 6 g. Es esta dispersión del valor de Citranaxantina la causante de la significancia encontrada entre dosis.

Esto concuerda con Bronsch (1969) citado por Basf (s/f) ya que la dosis mayor probada por este investigador resultó en un menor valor de  $y$  (aunque la dosis intermedia probada por Bronsch fue la menor de todas).

Las diferencias encontradas entre los productos Carophyll amarillo y Citranaxantina se interpretan de acuerdo a lo afirmado por Quackenbush et al. (1965), citado por Allen (1979) en el sentido de que la diferencia de estructura química (éster y cetona respectivamente) podría ser la causante de una absorción diferencial y por lo tanto, de diferente pigmentación.

### 3) Procesado industrial

Atendiendo al aspecto del batido, fue comprobada la disminución de color para ambos productos. Carlson et al. (1964) encontraron un efecto similar para productos conteniendo beta-apo-8'-carotenal, en la fabricación de mayonesa.

En el cocido, podemos decir que la temperatura elevada altera los pigmentantes, por lo tanto se pierde color, y al resultar un producto opaco no se puede medir por medio del abanico. En el caso del batido, se favorece la oxidación de los pigmentantes al atraparse partículas de aire en la yema, por lo tanto queda una mayor superficie de contacto entre la yema y el aire, y eso favorece la oxidación y consiguiente destrucción de los pigmentos.

A su vez, existe pérdida de brillo, aunque menor que en el caso del cocido.

De cualquier manera, se ve dificultado el uso del abanico, por lo que tampoco sería aconsejable en este caso el uso de este instrumento colorimétrico.

## EVALUACION COMPARATIVA DE DOS PIGMENTANTES DE LA YEMA DE HUEVO

En el caso del horneado, el aire queda atrapado como en el batido, y también ocurre la pérdida de color por el calor irradiado por el horno, de manera que es aún más difícil la medida, considerando también la gran variabilidad de los factores que intervienen en la fabricación de las tortas.

### 4) Correspondencia entre las medidas de los grados de pigmentación en el abanico, y el análisis espectrofotométrico

El corrimiento espectral hacia el rojo, observado por medio del análisis físico, se corresponde con las percepciones sensoriales de color, puesto que la Citranaxantina evidencia una tendencia hacia el anaranjado, y el Carophyll amarillo hacia el amarillo.

Lo hallado coincide con lo señalado por Janky (1979), citado por Smith (1979), en el sentido de que se observa una correspondencia entre color por abanico y longitud de onda dominante, pero a diferencia de este autor, dicha correlación no se mantuvo en términos del parámetro pureza de excitación.

### C. Variables de producción de huevos

Respecto a porcentaje de postura, los datos se encuentran entre los valores normales que alcanzan las gallinas replumadas.

De los resultados obtenidos en el análisis, se concluye que no se observa relación entre porcentaje de postura y suministro de pigmentantes, y en ese sentido se concuerda con Briart y Cuello (1985).

Se establece la independencia del parámetro peso de huevo, respecto al suministro de pigmentantes.

En lo referente al consumo semanal/lote, la pequeña diferencia registrada en el análisis de varianza, entre el testigo y los tratamientos, no afectó los parámetros porcentaje de postura y peso de huevo.

No se descarta que pueda haber incidido en el peso de las aves, variable que no fue medida, por las características del presente ensayo.

La significancia observada permite coincidir con Karunajeewa (1978), en lo que tiene que ver con el incremento del consumo, y también la no significancia respecto a la producción de huevos. No se concuerda con lo citado por Briart y Cuello (1985) para quienes no se veía afectado el consumo con el suministro de pigmentos.

La no significancia observada entre productos, indicaría un comportamiento similar de la Citranaxantina y el Carophyll amarillo, en lo que tiene que ver con el estímulo al consumo.

La no significancia observada entre dosis, hace pensar que para las concentraciones usadas, el aumento en el consumo sería similar. Estos resultados se ven reflejados en la interacción dosis x producto, donde tampoco se encuentran diferencias significativas.

Con respecto a la eficiencia de conversión, la diferencia observada entre productos (que es a favor de la Citranaxantina) se explica por diferencias significativas cuando se analiza la variable Kg de huevos. En esta última variable inciden fundamentalmente el número de huevos puestos por las aves de los tratamientos de Citranaxantina ya que el número fue mayor para la Citranaxantina, a pesar de no manifestarse significancia estadística respecto a número de huevos.

Se coincide con Papa y Fletcher (1985) respecto a la inexistencia de diferencias significativas entre testigo y productos en base a beta-apo-8'-carotenal.

#### **D. Encuesta de preferencias de mercado y análisis económico**

Analizando los datos se puede observar que el consumidor estuvo dispuesto a pagar 6,45% más de costo para el huevo procedente del tratamiento 3, correspondiente a la Citranaxantina a dosis de 6 g.

Los datos obtenidos de la encuesta, y el análisis económico realizado evidencia una preferencia del consumidor hacia este tipo de huevo.

La preferencia de mercado para Uruguay, citada por Roche (s/f), está de acuerdo a lo hallado en el presente experimento.

Se comprobó que el parámetro más apreciado por el consumidor fue el tono de color, despreciando posibles deficiencias cromáticas provenientes de una menor intensidad o brillo.

### **CONCLUSIONES**

De los resultados obtenidos en este ensayo, pueden extraerse las siguientes conclusiones:

No se encontró diferencias ni entre productos ni entre dosis, en los días necesarios para llegar al color máximo estabilizado. El color se estabilizó entre los 8 y 10 días contados a partir desde que se le comenzó a administrar el pigmentante.

La Citranaxantina alcanza valores mayores en el abanico colorimétrico, para las dosis consideradas.

La dosis más alta de Citranaxantina se mostró superior desde el punto de vista del análisis visual, aportando colores más anaranjados, mientras que el Carophyll amarillo registró colores más amarillos.

El procesado industrial disminuye los valores de color visual, si bien se comprobó que el abanico colorimétrico no es el instrumento de medida adecuado para dichas determinaciones de color.

Se observó correspondencia entre los valores del abanico Roche y los valores de longitud de onda dominante, no así en lo que tiene que ver con pureza de excitación y luminancia relativa.

Analizados físicamente los pigmentos, se confirmó la tendencia a colores más anaranjados en la Citranaxantina (valores más altos de longitud de onda dominante). No obstante, este producto mostró un déficit en pureza de excitación (intensidad), y en luminancia relativa (brillo), para la dosis más alta.

Las diferencias observadas entre los productos respecto al color suministrado a la yema, podrían deberse a una absorción diferencial en función de la constitución química de los pigmentantes.

El suministro de pigmentantes afectó favorablemente el consumo alimenticio a nivel significativo. No hubo diferencias entre los pigmentantes utilizados respecto a este parámetro.

Hubo mejor eficiencia de conversión en favor de la Citranaxantina, a nivel significativo. No hubo diferencias en postura ni en peso de huevo.

La encuesta de preferencia mostró la selección del tono de color de Citranaxantina a la dosis más alta, no pensando en esta decisión la intensidad o el brillo.

EVALUACION COMPARATIVA DE DOS PIGMENTANTES  
DE LA YEMA DE HUEVO

**BIBLIOGRAFIA CITADA**

2. ALLEN, P. 1989. La absorción de carotenoides en la coccidiosis. *Tecnología Avipecuaria*. 2(14): 26-28.
1. ASHTON, H.E. and FLETCHER, D.A. 1962. Development and use of color standards for egg yolks. *Poultry Science*. 41(6):1903-1099.
3. BASF. s/f. Citranaxantina. UC-2024.
4. BASF. s/f. Citranaxantina, un producto para colorear las yemas de huevos. CCVF-30615. 29p.
5. BORNSTEIN, S. and BARTOV, I. 1966. Studies on egg yolk pigmentation. A comparison between visual scoring of yolk color and colorimetric assay of yolk carotenoids. *Poultry Science*. 45(2):287-296.
6. BRIART, A. y CUELLO, W. 1985. Experiencia en la Escuela de Avicultura. Comprobación del efecto de pigmentos sintéticos comerciales sobre el color de la yema del huevo. *Técnicas en Avicultura*. 8(41):20-22.
7. BUNNEL, R., MARUSICH, W. and BAUERNFEIND, J. 1962. Beta-apo-8'-carotenal as an egg yolk pigmenter. *Poultry Science*. 41(4):1109-1115.
8. CARLSON, C. HALVERSON, A. and KOHLER, G. 1964. Some effects of dietary pigmenters on egg yolks and mayonnaise. *Poultry Science*. 43(3):654-662.
9. CURTARELLI, S. et al. 1983. Adição de xantofilas em rações a base de mandioca para poedeiras. *Congresso Latinoamericano de Avicultura*, 8avo. Camboriú, Brasil 1:96-104.
10. CURTARELLI, S et al. 1983. Citranaxantina como fonte de xantofilas em rações a base de raspa de mandioca integral para poedeiras. *Congresso Latinoamericano de Avicultura*, 8avo. Camboriú, Brasil. 1:105-111.
11. DE GROOTE, G. 1970. Research on egg yolk pigmentation and this applications. *World's Poultry Science*. 26(1):435-441.
12. FLETCHER, D. A. 1970. An evaluation of the AOAC method of yolk color analysis. *Poultry Science*. 59(5):1059-1066.
13. KARUNAJEEWA, H. 1978. The performance of cross-bred hens given free choice feeding of whole grains and a concentrate mixtura and the influence of source of xantophylls on yolk color. *British Poultry Science*. 19(6):699-708.
14. KOLB, B. 1971. Empleo de xantofilas. En *Microfactores en Nutrición Animal*. Zaragoza, Acribia, pp 233-236.

15. MARUSICH, W., DERITTER, E. and BAUERNFEIND, J. 1960. Evaluation of carotenoid for coloring egg yolks. *Poultry Science*. 39(6):1338-1345.
16. NORMAN, G., SYKES, A. and BAYLEY, J. 1973. Deposition of orally administered beta-apo-8'-carotenoic acid ethyl ester and zeaxanthin in the egg yolks by laying hens. *British Poultry Science*. 14(5):507-519.
17. PAPA, C. and FLETCHER, D. 1985. Utilization and yolk coloring capability of xanthophylls from synthetic and high xanthophylls concentrates. *Poultry Science*. 64(8):1464-1469.
18. SCOTT, M., ASCARELLI, I. and OLSON, G. 1968. Studies on egg yolk pigmentation. *Poultry Science*. 47(3):863-872.
19. SMITH, E. 1979. Pigmentation is influenced by feed ingredients, light. *Fedustuffs*. 51(12):16.

**EVALUACION COMPARATIVA DE DOS PIGMENTANTES  
DE LA YEMA DE HUEVO**

ANA BERTI DE GESTO - ROBERTO OLIVERO - SILVIA NUÑEZ

Biblioteca de la FAGRO

ID: 00249-1995-48-7



Boletín de Investigación  
1995. no.48. ej. 7