

# Estabilidad durante el almacenamiento y disponibilidad de los carotinoides en concentrados proteicos de alfalfa y harinas deshidratadas

A. LYLE LIVINGSTON. GEORGE O. KOHLER Y DONALD D. KUZMICKY

Western Regional Research Center. Science and Education Administration. U.S. Department of Agriculture. Berkeley, California 94710

## RESUMEN

*Se ha encontrado que los carotenos y xantofilas de concentrados proteicos de alfalfa (PRO-XAN) son más estables que los de alfalfa deshidratada durante el almacenamiento en viales en la oscuridad. Las diferencias en la estabilidad durante el almacenamiento se hacen más pronunciadas a temperaturas elevadas (38° C). La liofilización de la alfalfa suministra un producto con mayor estabilidad al almacenamiento si se compara con la deshidratación por calor, pero esta mejora no ocurre con el PRO-XAN. La adición de un antioxidante como el Etoxiquin mejora la estabilidad del caroteno y de las xantofilas, durante el almacenamiento, en todas las harinas. Mediante ensayos con broilers y gallinas se evaluó la disponibilidad de las xantofilas del PRO-XAN y de la alfalfa deshidratada. En ambos ensayos el PRO-XAN mostró una disponibilidad de sus xantofilas alrededor de 1,7 veces las de la alfalfa deshidratada y tres veces la de la harina de Marigold. La disponibilidad de las xantofilas de alfalfa deshidratada fue alrededor de la mitad de la de la luteína pura y doble de la de la harina de Marigold.*

---

Comunicación traducida y presentada, por delegación de los autores, por Adolfo AMELLA, Colaborador Científico del Instituto de Economía y Producciones Ganaderas del Ebro (CSIC), Miguel Servet, 177. ZARAGOZA.

La referencia a una Compañía y/o producto mencionado por este Departamento es únicamente a efectos informativos, no implicando aprobación o recomendación del producto, con exclusión de otros que también pueden ser adecuados.

## INTRODUCCIÓN

La harina de alfalfa deshidratada ha sido una de las principales fuentes de pigmentación de productos avícolas en Estados Unidos y Europa, siendo comercializada sobre un contenido en xantofilas garantizado. Actualmente comienzan a ser disponibles concentrados proteicos de alfalfa (PRO-XAN) procedentes de plantas piloto (3, 4, 8, 10, 11), así como de producción comercial en Estados Unidos y en Francia. Debido a su alto contenido en carotenoides, así como a su alto nivel de proteína y bajo en fibra, el PRO-XAN muestra un gran futuro en alimentación de aves (12, 14) y porcino (2).

El uso eficaz, tanto de la alfalfa deshidratada como del PRO-XAN, como pigmentantes, depende tanto de la disponibilidad como de la estabilidad de los carotinoides en tales productos. En nuestro laboratorio (12) hemos encontrado que las xantofilas del PRO-XAN son alrededor de 1,7 veces más disponibles que las de la alfalfa deshidratada y tres veces más que las de harina de Marigold. Existe una considerable cantidad de información en la bibliografía acerca de la comparación de la disponibilidad de las xantofilas de alfalfa deshidratada con otras fuentes de pigmentación, como son harina de gluten de maíz y carotinoides sintéticos como el B-apo-8-carotenal (13, 19, 20, 21); e igualmente acerca de la estabilidad de los carotinoides durante el almacenamiento. El almacenamiento bajo gases inertes (5) o el tratamiento con antioxidantes, etoxiquín (23), sólo o combinado con un aceite (1, 15, 22), han sido procedimientos efectivos para minimizar las pérdidas por oxidación durante el almacenamiento de alfalfa deshidratada o PRO-XAN (24). El presente estudio compara la disponibilidad y la estabilidad durante el almacenamiento de carotinoides de PRO-XAN y alfalfa deshidratada preparadas de la misma alfalfa fresca.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### *Preparación de las harinas para el almacenamiento*

La alfalfa recién cosechada se transportaba al laboratorio, se picaba, y una porción de ella se prensaba mediante doble tornillo, lo que suministraba un jugo verde que se ajustaba a pH 8,5 con  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Después de calentar a 80-85° C mediante inyección de vapor, el coágulo proteico verde se recogía por centrifugación en una centrífuga Sharples (4). El concentrado se prensaba a través de una matriz, obteniendo filamentos que eran o liofilizados (Buffalo Vac drier) o bien secados en un deshidratador piloto Arnold o en un secador de lecho fluido (Witte drier). Variando el número de pasos a través del secador se ajustaba la humedad final del producto en el secador de lecho fluido. Otra porción de alfalfa fresca se deshidratava en un deshidratador piloto Arnold (18) para obtener harina de alfalfa deshidratada. Modificando la temperatura de salida del deshidratador se ajustaba la humedad final del producto. Estas temperaturas oscilaron entre 82 y 121° C. También se liofilizó alfalfa fresca.

A efectos de compararla con estos productos también se tomó una muestra de harina de PRO-XAN recientemente secada en una planta

comercial (Valley Dehydrating Company, Sterling, Colorado) que también utiliza un deshidratador Arnold. Igualmente se obtuvo una muestra de harina de hierba de césped, secada en un deshidratador comercial Arnold (17), procedente de la Warren Turf Nursery (Suisun, California.)

Antes del secado se adicionaron al PRO-XAN determinados niveles de solubles acuosos, jugo pardo (24), de tal manera que se obtuvieron concentraciones finales de estos solubles de 5,98, 12,21 y 18,91 % sobre materia seca. Hasta el momento del análisis y almacenamiento, las muestras se mantuvieron en botes herméticamente cerrados a  $-12^{\circ}$  C.

Las muestras secas se molieron a través de 40 mallas en un molino Wiley. A algunas muestras se les añadió etoxiquín desde 0,0125 % hasta 0,125 % en peso (15). La humedad se determinó por secado en estufa de aire forzado, a  $105^{\circ}$  C, durante dieciséis horas.

#### *Ensayos de almacenamiento*

Series de 1 ó 2 gr de cada muestra de PRO-XAN, alfalfa y hierba, se conservaron en viales abiertos, en la oscuridad, a  $2,20$  y  $38^{\circ}$  C. Las muestras se analizaron tras 4,8 y 12 semanas de almacenamiento.

#### *Análisis de carotinoides*

Todas las muestras se analizaron por duplicado respecto a carotenos y xantofilas no-epoxi según los métodos citados en la bibliografía (9, 16).

#### *Ensayos de alimentación de broilers*

Se utilizaron pollitos macho (Hubbard), White Cornish  $\times$  White Rock. Los pollitos de un día se alimentaron con una dieta basal durante doce días, continuando con la ración experimental durante catorce días.

Las raciones experimentales eran isocalóricas e isoproteicas. Se hicieron cuatro réplicas de seis pollitos por réplica para cada dieta.

Los pollitos se instalaron en jaulas de acero inoxidable en un laboratorio con aire acondicionado y con iluminación fluorescente continua.

La pigmentación de la piel se midió por análisis de xantofilas en piel tomada de la membrana interdígital. También se realizó una evaluación visual, utilizando el abanico Rock Color (cuatro niveles), en dicha área de la pata derecha. La potencia relativa de la pigmentación en piel (RSPP) se define como la relación de la pendiente de la línea dosis-respuesta de pigmentación del suplemento de xantofilas a la de la luteína pura usada como estándar en este estudio.

#### *Ensayo con gallinas ponedoras*

Se utilizaron gallinas Leghorn, híbridos comerciales. Se alimentaron con la dieta basal durante doce meses y después con las raciones experimentales durante siete semanas. Se añadieron suplementos de xantofilas a expensas de la dieta basal. Durante el período experimental hubo 24 gallinas con la dieta basal y 12 con cada una de las otras dietas. Se anotó la producción total de huevos, que se pesó, recogiendo muestras de yemas. Cada muestra constaba de las yemas de 10 huevos obtenidos de cada dieta. La concentración de BCE (equivalentes B-caroteno) se determinó por el método de la AOAC.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como muestra la tabla 1, los carotenos fueron menos estables que las xantofilas durante las doce semanas de almacenamiento a cualquiera de las temperaturas, tanto en PRO-XAN como en alfalfa deshidratada. Ya se había encontrado (7, 24) que los carotenos eran menos estables que las xantofilas durante el almacenamiento acelerado en alfalfa y PRO-XAN. Tanto en PRO-XAN como en harina de alfalfa los carotinoides eran más estables en productos de baja humedad que en los de alta humedad. Ya fue demostrado (18) que, durante la deshidratación de la alfalfa, los carotinoides son más estables con baja humedad del producto final. En este estudio las harinas se almacenaban en viales abiertos, por lo que la humedad se equilibraba al 6-8 % en una o dos semanas. Por tanto, la humedad de las muestras durante el almacenamiento fue prácticamente la misma. Las diferencias en estabilidad tienen que atribuirse, por tanto, a efectos sucedidos durante el secado.

Los carotenos y xantofilas (fig. 1) eran más estables en las harinas de PRO-XAN que en las de alfalfa deshidratada, tanto de baja como alta humedad, procedentes de la misma alfalfa fresca.

En la misma figura 1 (líneas A y B) se compara la estabilidad de los carotinoides en PRO-XAN y alfalfa liofilizados preparados del mismo material fresco. Como muestra esta figura, la buena estabilidad de los carotinoides en alfalfa liofilizada supera a la de los carotinoides del PRO-XAN liofilizado. Esta menor estabilidad puede ser debida en parte a la pérdida de antioxidantes solubles en agua en el jugo pardo durante la preparación del PRO-XAN (6). Ya fue puesto de manifiesto (7) que debido a la excelente estabilidad de los carotinoides en alfalfa liofilizada sólo se produce una ligera mejoría en su estabilidad por la adición de un antioxidante como el etoxiquín. En el estudio actual se han añadido diferentes niveles de etoxiquín a harinas de PRO-XAN y alfalfa de alta y baja humedad (tabla 2). De nuevo los carotinoides en las muestras de baja humedad fueron más estables que en las de alta humedad. A pesar de que los carotinoides del PRO-XAN no tratado eran más estables que los de la alfalfa no tratada, la adición de etoxiquín hace que la estabilidad de los carotinoides en ambas sea mucho más parecida. Incrementando el nivel de antioxidante desde el 0,0125 hasta el 0,05 % se alcanzaba una estabilidad mayor de los carotinoides, especialmente en las harinas de PRO-XAN, incrementando el nivel de antioxidante hasta el 0,125 % sólo se conseguía una ligera mejora adicional en la conservabilidad.

La tabla 3 muestra los resultados de la estabilidad de los carotinoides de PRO-XAN, harina de hierba de césped y de alfalfa deshidratada y PRO-XAN de alta y baja humedad, preparadas en el laboratorio. Para este estudio tanto el PRO-XAN como la alfalfa deshidratada se prepararon en un deshidratador piloto Arnold.

Las harinas de PRO-XAN comercial contenían inicialmente los mayores niveles de xantofilas de cualquiera de las muestras consideradas en este estudio. La estabilidad durante el almacenamiento de los carotinoides de todas las harinas se mejoró muy considerablemente por adición de etoxiquín, siendo los carotenos, en cualquiera de las muestras, los más favorecidos por el antioxidante. Los carotinoides de la hierba de césped

TABLA 1

EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO Y DE LA HUMEDAD DE LA HARINA SOBRE LA ESTABILIDAD DE LOS CAROTINOIDES EN HARINAS DE CONCENTRADO PROTEICO Y ALFALFA DESHIDRATADA

Muestra	Temp. de almacenamiento °C	Humedad de la harina %	Valores iniciales mg/kg		Carotenos retenidos %		Xantofilas retenidas %	
			Carotenos	Xantofilas	4 semanas	12 semanas	4 semanas	12 semanas
Pro-Xan .....	2	7,6	881,1	1.191,6	82	55	81	67
	2	2,3	898,2	1.202,8	84	53	85	71
	20	7,6			66	49	85	74
	20	2,3			74	55	88	76
	38	7,6			56	31	68	54
	38	2,3			62	36	75	56
Alfalfa desh .....	2	8,0	277,5	343,8	80	56	86	66
	2	2,8	308,4	341,4	92	84	97	94
	20	8,0			72	46	85	63
	20	2,8			82	61	95	91
	38	8,0			44	21	81	58
	38	2,8			48	25	88	69

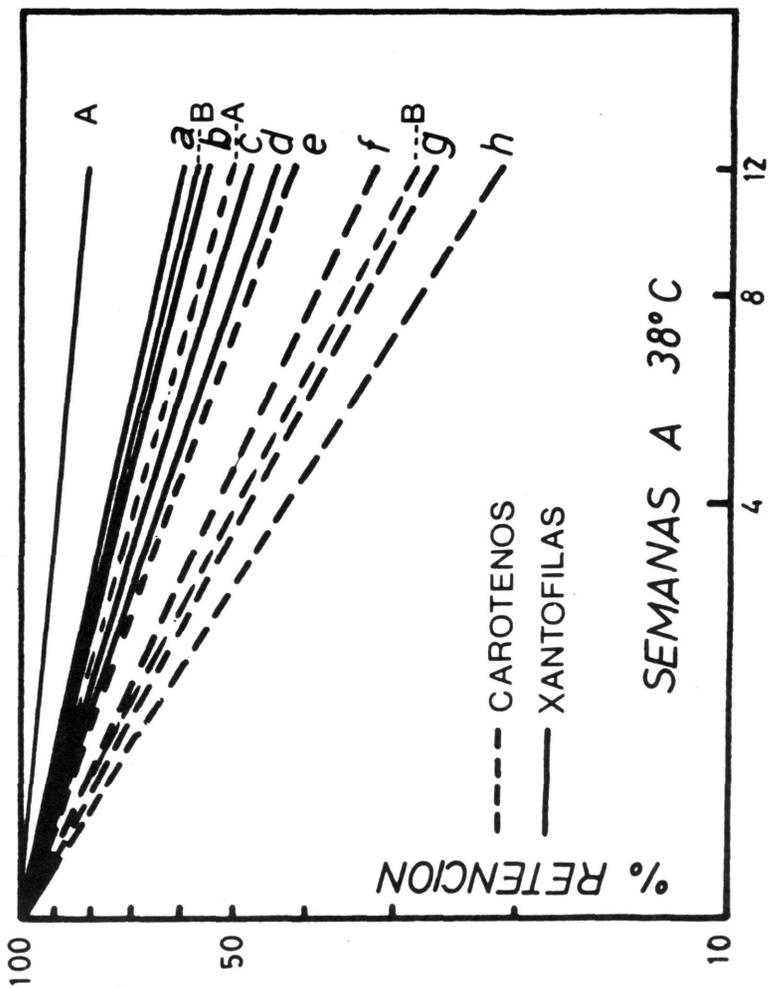


FIG. 1. Efecto de la humedad de la harina sobre la estabilidad de los carotinoides durante el almacenamiento.  
 a y e: Pro-Xan de baja humedad; b y f: Pro-Xan de alta humedad; c y g: alfalfa de baja humedad; d y h: alfalfa de alta humedad.  
 A: alfalfa liofilizada; B: PRO-XAN liofilizado.

TABLA 2

EFFECTO DEL NIVEL DE ETOXIQUÍN Y HUMEDAD DE LA HARINA SOBRE LA ESTABILIDAD DE LOS CAROTINOIDES EN CONCENTRADOS PROTEICOS Y HARINAS DESHIDRATADAS DE ALFALFA (1)

Muestra	Humedad %	Etoxiquin añadido %	Carotenos retenidos %		Xantofilas retenidas %	
			4 semanas	12 semanas	4 semanas	12 semanas
Pro-Xan . . . .	7,6	0,000	56	31	68	54
	7,6	0,0125	60	43	69	66
	7,6	0,050	63	49	80	75
	7,6	0,125	64	53	83	77
	2,3	0,000	62	36	75	56
	2,3	0,0125	69	51	78	74
	2,3	0,050	72	57	85	80
	2,3	0,125	77	63	89	81
	Alfalfa deshidratada .	8,0	0,000	44	21	60
8,0		0,0125	62	38	72	62
8,0		0,0500	67	50	80	70
8,0		0,125	76	57	80	69
2,8		0,000	48	25	66	48
2,8		0,0125	68	48	72	67
2,8		0,050	78	63	86	75
2,8		0,125	85	74	86	76

(1) Véanse valores iniciales de estas harinas en tabla 1.

fueron los más estables durante el almacenamiento de todas las muestras estudiadas. Ya se puso de manifiesto en nuestro laboratorio que durante la deshidratación de la hierba de césped, ésta permanecía muy poco tiempo en el tambor de deshidratación, con lo que las pérdidas en carotinoides eran pequeñas. Parece que las pérdidas de antioxidantes naturales de la hierba durante el secado es pequeña, por lo que la estabilidad de sus carotinoides es muy alta durante el almacenamiento. También en nuestro laboratorio (24) se puso de manifiesto que la conservabilidad de los carotinoides en PRO-XAN comercial secado en tambor era muy elevada. Los equipos a gran escala utilizados en el secado comercial proporcionan una velocidad de paso muy rápida, dando lugar a pérdidas menores de antioxidantes naturales.

La figura 2 muestra la mejor conservabilidad de los carotinoides tanto en PRO-XAN como en alfalfa deshidratada mediante adición de etoxiquín al 0,0125 %. A pesar de esta mejora, los carotinoides del PRO-XAN siguen siendo los más estables.

Dado que la alfalfa contiene antioxidantes naturales, tanto solubles en agua (6) como en lípidos (18), al añadir porciones de los solubles del prensado al concentrado proteico de alfalfa se produce una mejora en la estabilidad de los carotinoides. La tabla 4 presenta los resultados obtenidos al añadir de una a tres veces el nivel equivalente de solubles acuosos al PRO-XAN antes de secarlo. El PRO-XAN en este estudio se secó tanto por liofilización como por lecho fluido. A efectos comparativos también se dan en este estudio resultados de muestras de harinas de

TABLA 3

## ESTABILIDAD DE LOS CAROTINOIDES EN PRODUCTOS FORRAJEROS ALMACENADOS A 38° C

Muestra	Etoxiquin añadido 0,0125 %	Humedad %	Valores iniciales mg/kg		Carotenos retenidos %		Xantofilas retenidas %	
			Carotenos	Xantofilas	4 semanas	12 semanas	4 semanas	12 semanas
Pro-Xan (1) .....		7,3	911,9	1.265,9	53	36	70	51
Pro-Xan (1) .....	(+)	7,3	852,9	1.196,0	65	54	77	70
Hierba de césped (2) .....		7,9	558,4	805,6	55	48	81	65
Hierba de césped (2) .....	(+)	7,9	552,9	780,1	75	73	87	84
Pro-Xan (3) .....		8,5	959,2	1.056	46	27	85	63
Pro-Xan .....	(+)	8,5	865,3	1.032,2	58	40	86	70
Pro-Xan .....		1,6	1.032,5	1.099,1	77	27	89	63
Pro-Xan .....	(+)	1,6	955,7	1.096,3	90	70	96	82
Alfalfa deshidratada (3) .....		6,0	366,7	440	41	16	56	37
Alfalfa deshidratada .....	(+)	6,0	297,7	365,6	75	50	85	67
Alfalfa deshidratada .....		2,5	308,0	356,2	49	25	66	48
Alfalfa deshidratada .....	(+)	2,5	319,4	357,9	87	65	95	77
Alfalfa liofilizada .....		2,8	348,7	446,6	69	54	91	82
Alfalfa liofilizada .....	(+)	2,8	331,5	437,8	82	75	94	95

(1) Muestra procedente de Valley Dehydrating Co.

(2) Muestra procedente de Warren Turf Nursery.

(3) Muestras procedentes del WRRC.

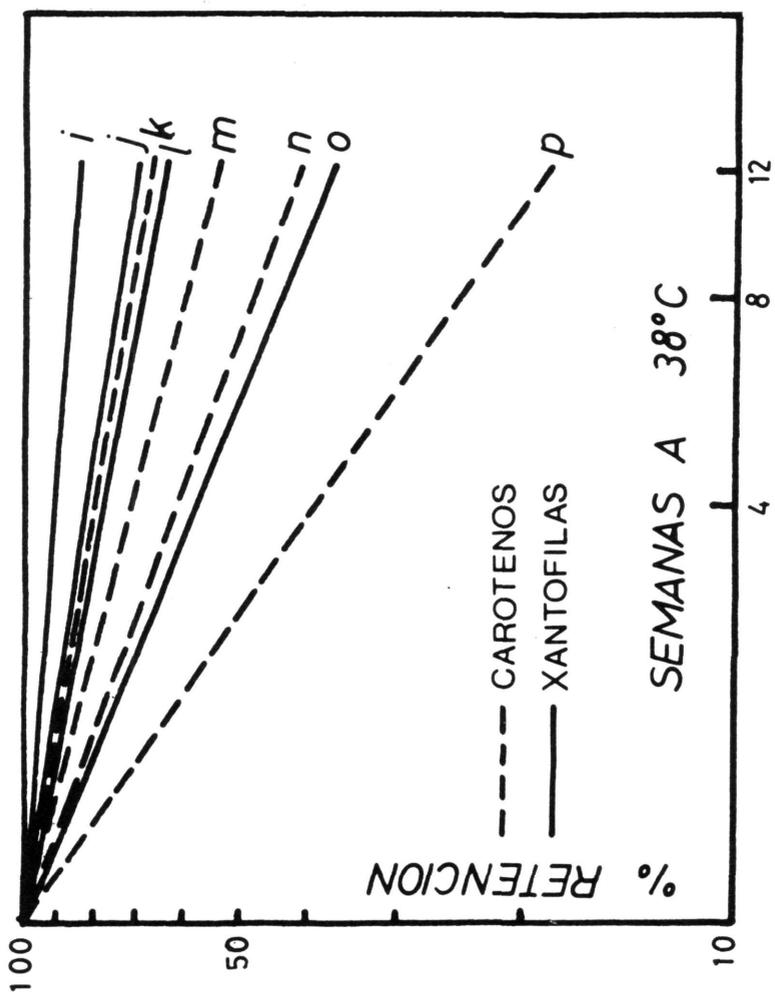


FIG. 2. Efecto del etoxiquín sobre la estabilidad de los carotinoides durante el almacenamiento.  
 i y k: Pro-Xan con etoxiquín; j y m: alfalfa con etoxiquín; l y n: Pro-Xan sin etoxiquín; o y p: alfalfa sin etoxiquín.

TABLA 4

## EFECTO DEL PROCESADO Y MÉTODO DE SECADO SOBRE LA ESTABILIDAD DE LOS CAROTENOIDES EN PRO-XAN

Muestra	% de solubles acuosos añadidos	Método de secado	Valores iniciales mg/kg		Carotenos retenidos %		Xantofilas retenidas %	
			Carotenos	Xantofilas	4 semanas	12 semanas	4 semanas	12 semanas
Pro-Xan (2) .....	5,98 (1)	lecho fluido	829,8	949,7	57	33	73	59
Pro-Xan (2) .....	5,98	lecho fluido	829,8	949,7	54	38	83	70
Pro-Xan (2) .....	5,98	liofilización	968,0	1.184,5	56	28	76	56
Pro-Xan (2) .....	5,98	liofilización	968,0	1.184,5	55	38	81	68
Pro-Xan (2) .....	13,21	lecho fluido	700,5	701,8	48	32	81	63
Pro-Xan (2) .....	13,21	lecho fluido	700,5	701,8	56	42	89	79
Pro-Xan (2) .....	13,21	liofilización	774,8	1.022,3	56	43	70	46
Pro-Xan (2) .....	13,21	liofilización	774,8	1.022,3	60	46	77	49
Pro-Xan (2) .....	18,91	lecho fluido	732,4	775,9	54	30	83	64
Pro-Xan (2) .....	18,91	lecho fluido	732,4	775,9	57	47	90	77
Pro-Xan (2) .....	18,91	liofilización	771,4	902,0	57	36	81	63
Pro-Xan (2) .....	18,91	liofilización	771,4	902,0	62	45	85	79
Harina de alfalfa (2) .....		secado en tambor	366,7	440,0	41	16	60	37
Harina de alfalfa .....		secado en tambor	366,7	440,0	76	50	80	67
Harina de alfalfa (2) .....		liofilización	348,7	446,6	69	54	91	82
Harina de alfalfa .....		liofilización	348,7	446,6	82	75	94	95

(1) No añadido pero presente debido a drenaje incompleto de la centrifuga.

(2) Añadido 0,0125 % de etoxiquín.

alfalfa, tanto secadas en tambor como liofilizadas. Antes del almacenamiento se trataron con etoxiquín porciones de cada una de las harinas.

La disminución de los valores de carotinoides en las harinas de PRO-XAN liofilizado con niveles crecientes de solubles acuosos añadidos es debido, aparentemente, a efectos de dilución. En este estudio sólo aparece un ligero incremento de la estabilidad de los carotinoides por efecto de la adición de solubles acuosos. Además, los carotinoides del PRO-XAN secado en lecho fluido resultan prácticamente tan estables como los del PRO-XAN liofilizado. También en este caso la adición de etoxiquín incrementa la estabilidad de los carotinoides en todas las harinas. A pesar de que los carotinoides de la harina de alfalfa deshidratada eran de los menos estables, la alfalfa liofilizada con etoxiquín añadido fue la más estable de todas las harinas estudiadas. Después de doce semanas de almacenamiento sólo se perdieron el 5 % de las xantofilas. Parece, pues, que existe un efecto aditivo o, posiblemente, incluso sinérgico, de los antioxidantes añadidos y naturales en las harinas de PRO-XAN cuando se les adicionan solubles acuosos.

Aunque el efecto estabilizador de los solubles añadidos hasta un 6 % al PRO-XAN es cuestionable, es obvio que resulta ventajoso utilizar el antioxidante etoxiquín en las plantas comerciales que producen concentrados proteicos de alfalfa, para proteger los carotinoides durante el almacenamiento.

#### *Ensayos con broilers*

En las dietas de broilers, para suministrar 11 y 22 mg/kg de xantofilas, se utilizaron luteína, alfalfa deshidratada, harina de Marigold, PRO-XAN liofilizado y dos tipos de PRO-XAN secados en nuestro deshidratador piloto Arnold a dos temperaturas de salida. Durante los catorce días experimentales no hubo diferencias significativas en la ganancia en peso de los pollos o en eficiencia alimentaria en ninguno de los tratamientos (ganancia media:  $561 \pm 8$  gr; ganancia media / alimento consumido:  $0,62 \pm 0,001$ ). La potencia pigmentante relativa en piel (RSPP) de la alfalfa deshidratada es alrededor de la mitad de la luteína y unas dos veces la de la harina de Marigold. Los valores RSPP de los tres tipos de PRO-XAN aparecen iguales, por lo que el suave secado al que se somete el PRO-XAN no afecta aparentemente a la disponibilidad de sus xantofilas. Los valores RSPP de los tres tipos de PRO-XAN en este ensayo son menores que los de la luteína, aunque son 1,6 veces mayores que los de la alfalfa deshidratada (tabla 5).

#### *Ensayos con gallinas*

Para suministrar niveles de xantofilas de 10 y 20 mg/kg de dieta (tabla 6), se adicionaron a las raciones alfalfa deshidratada, PRO-XAN liofilizado y luteína. La utilización de las xantofilas procedentes del PRO-XAN liofilizado y de la luteína es aproximadamente la misma y alrededor de dos veces la de la alfalfa deshidratada. El alto valor BCE en la yema, con dietas de 20 mg/kg de xantofilas, puede atribuirse al descenso en la producción de huevos de las gallinas alimentadas con esta dieta.

Los resultados de este estudio de pigmentación muestran que la disponibilidad de las xantofilas de la alfalfa deshidratada es alrededor de la

TABLA 5

## PIGMENTACIÓN DE BROILERS CON DISTINTAS FUENTES DE XANTOFILAS

Suplementos	mg de xantofilas en 100 cm <sup>2</sup> de membrana interdigital		Registro visual	RSPP (*)
	Nivel de xantofilas en la ración, mg/kg			
	11	22		
Luteína .....	100,7	169,6	9,3	100
Alfalfa deshidratada .....	62,5	99,6	6,4	47
Harina Marigold .....	44,1	71,5	4,6	25
Pro-Xan liofil. ....	87,3	133,5	8,6	75
Secado a 76,7° C .....	92,5	134,6	7,6	77
Secado a 90,6° C .....	89,1	129,8	7,8	73
Dieta basal .....	15,2		0,5	

(\*) Poder pigmentante relativo en piel.

TABLA 6

## UTILIZACIÓN DE PRO-XAN, ALFALFA DESHIDRATADA Y LUTEINA PARA LA PIGMENTACIÓN DE YEMAS DE HUEVO

Suplementos	Xantofilas en la dieta mg/kg	Xantofilas en yema BCE mg/kg	Eficiencia en la utilización de las xantofilas %
Alfalfa deshidratada .....	10	20,0	19,0
	20	48,0	14,5
Pro-Xan liofil. ....	10	44,3	35,9
	20	70,4	33,3
Luteína .....	10	45,8	43,6
	20	64,4	32,9

mitad que las de la luteína pura. El valor RSPP para el PRO-XAN muestra una disponibilidad de las xantofilas desde 1,6 hasta 2,2 veces la de la alfalfa deshidratada. En el ensayo con gallinas también se observó un incremento similar en la disponibilidad de las xantofilas del PRO-XAN respecto a las de la alfalfa deshidratada. Comparando las eficiencias de utilización, se encuentra que las gallinas ponedoras pueden utilizar las xantofilas del PRO-XAN entre 1,9 y 2,3 veces más eficientemente que las de la alfalfa deshidratada.

De los ensayos con broilers se deduce que el suave secado al que se somete el PRO-XAN no produce pérdidas aparentes en la disponibilidad

de las xantofilas si se compara con el PRO-XAN liofilizado. Dado que la liofilización no es realizable desde un punto de vista económico, resultan significativas en el orden práctico las respuestas del PRO-XAN al secado por calor, pues indican que el RPO-XAN puede ser preparado comercialmente con una disponibilidad de sus xantofilas de alrededor de 1,7 veces la de la alfalfa deshidratada.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a KATIE SUMMERS por los análisis de carotinoides; a RICHARD EDWARDS y KENNETH SMITH por su ayuda en la preparación de los concentrados proteicos y harinas de alfalfa deshidratada, y a Warren Turf Nursery (Suisun, California) y Valley Dehydrating Company (Sterling, Colorado) por las muestras de hierba de césped y concentrado proteico de alfalfa, respectivamente.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) BICKOFF, E. M.; THOMPSON, C. R.; LIVINGSTON, A. L.; VAN ATTA, G. R., y GUGGOLZ, J., 1955: *J. Agr. Food Chem.*, 3:67.
- (2) CHEEKKE, P. R.; KINZELL, J. H.; DEFREMERY, D., y KOHLER, G. O., 1977: *J. Animal Sci.*, 44:772.
- (3) EDWARDS, R. H.; DEFREMERY, D., y KOHLER, G. O., 1975a: *Twelfth Tech. Alfalfa Conf. Proc.*, Berkeley, CA, ARS, US Dept. Agric., 67.
- (4) EDWARDS, R. H.; MILLER, R. E.; DEFREMERY, D.; KNUCKLES, B. E.; BICKOFF, E. M., y KOHLER, G. O., 1975b: *J. Agr. Food Chem.*, 23:620.
- (5) GRAHAM, W. R. JR., US Patent 2,351,853.
- (6) GROSSMAN, S.; BEN AZIZ, A.; BUDOWSKI, P.; ASCARELLA, G. A.; BIRK, Y., y BONDI, A., 1969: *Phytochem.*, 8:2287.
- (7) KNOWLES, R. E.; LIVINGSTON, A. L.; NELSON, J. W., y KOHLER, G. O., 1968: *J. Agr. Food Chem.*, 16:651.
- (8) KNUCKLES, B. E.; BICKOFF, E. M., y KOHLER, G. O., 1972: *J. Agr. Food Chem.*, 20:1055.
- (9) KNUCKLES, B. E.; WITT, S. C.; MILLER, R. E., y BICKOFF, E. M., 1971: *JAOC*, 54:769.
- (10) KOHLER, G. O.; BICKOFF, E. M.; SPENCER, R. R.; WITT, S. C., y KNUCKLES, B. E., 1968: *Tenth Alfalfa Conf. Proceed.*, ARS, 71-76.
- (11) KOHLER, G. O.; WILDMAN, S. G.; JORGENSEN, N. A.; ENOCHIAN, R. V., y BRAY, W. I., 1978: Chapt. 26 en *Protein Resources and Technology: Status and Research Needs*, ed. by Milner, M., Scrimshaw, N. S., Wang, D. I. C. AVI pub. Co. Inc., Westport, Conn.: 543.
- (12) KUZMICKY, D. D., y KOHLER, G. O., 1977b: *Poultry Sci.*, 56:1510.
- (13) KUZMICKY, D. D.; KOHLER, G. O.; LIVINGSTON, A. L.; KNOWLES, R. E., y NELSON, J. W., 1968: *Poultry Sci.*, 47:389.
- (14) KUZMICKY, D. D.; LIVINGSTON, A. L.; KNOWLES, R. E., y KOHLER, G. O., 1977a: *Poultry Sci.*, 56:1504.
- (15) LIVINGSTON, A. L.; BICKOFF, E. M., y THOMPSON, C. R., 1955: *J. Agr. Food Chem.*, 3:439.
- (16) LIVINGSTON, A. L.; KNOWLES, R. E., y KOHLER, G. O., 1971a: *JAOC*, 56:1378.
- (17) LIVINGSTON, A. L.; KNOWLES, R. E.; PAGE, JON, y KOHLER, G. O., 1971b: *J. Agr. Food Chem.*, 19:951.
- (18) LIVINGSTON, A. L.; NELSON, J. W., y KOHLER, G. O., 1968: *J. Agr. Food Chem.*, 16:492.
- (19) MARUSICH, W. L., 1965: *Feedstuffs*, 37:30.
- (20) MARUSICH, W. L., 1967: *Feedstuffs*, 39:48.
- (21) MARUSICH, W. L., 1969: *Feedstuffs*, 41:46.

- (22) MITCHELL, H. L., BEAUCHENE, R. E., y SILKER, R. E., 1954: *J. Agr. Food Chem.*, 2:939.
- (23) THOMPSON, C. R., 1951: U. S. Patent 2,562,970.
- (24) WITT, S. C.; SPENCER, R. R.; BICKOFF, E. M., y KOHLER, G. O., 1971: *J. Agr. Food Chem.*, 19:162.

THE STORAGE STABILITY AND AVAILABILITY OF THE CAROTENOIDS IN ALFALFA LEAF PROTEIN (PRO-XAN) AND DEHYDRATED MEALS

SUMMARY

Carotene and xanthophyll were found to be more stable in alfalfa leaf protein concentrates (Pro-Xan) than in dehydrated alfalfa during storage in vials in the dark. Elevated temperatures (38° C) made the differences in storage stability more pronounced. Freeze-drying alfalfa yielded a product with improved storage stability as compared with heat dehydration, but no such improvement occurred with Pro-Xan. The addition of antioxidant such as ethoxyquin improved the storage stability of carotene and xanthophyll in all meals. The availability of the xanthophyll of Pro-Xan and dehydrated alfalfa was evaluated in trials with broilers and hens. In both the broiler and laying hen trails, Pro-Xan was shown to have xanthophyll availabilities of about 1.7 times that of dehydrated alfalfa and three times that of marigold meal. The xanthophyll availability of dehydrated alfalfa was about half that of pure lutein and twice that of marigold meal.