

Original

Base de datos de carotenoides para valoración de la ingesta dietética de carotenos, xantofilas y de vitamina A; utilización en un estudio comparativo del estado nutricional en vitamina A de adultos jóvenes

Beatriz Beltrán¹, Rocío Estévez², Carmen Cuadrado¹, Susana Jiménez² y Begoña Olmedilla Alonso²

¹Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. ²Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y Nutrición. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (ICTAN-CSIC). Madrid. España.

Resumen

Objetivos: 1) Elaborar una base de datos de carotenoides (BD-carotenoides) de alimentos consumidos en España. 2) Valorar el estado nutricional en vitamina A (expresada en equivalentes de retinol (ER) y en equivalentes de actividad de retinol (EAR)) en adultos jóvenes.

Métodos: La BD-carotenoides incluye datos de carotenos (β -caroteno, α -caroteno y licopeno) y xantofilas (β -criptoxantina, luteína y zeaxantina) generados mediante HPLC.

La ingesta de vitamina A se valoró a partir de tres recuerdos de 24 horas, en 54 adultos, 20-35 años, no obesos y con retinol sérico ($> 30 \mu\text{g/dl}$), utilizando la BD-carotenoides y unas Tablas de Composición de Alimentos de amplio uso en España.

Resultados: La BD-carotenoides incluye datos para 89 alimentos (9 en crudo y cocido y 14 son alimentos procesados). La ingesta de carotenoides provitamínicos-A es de 2,5 mg/p/d, la de ER 682 $\mu\text{g/p/d}$ y la de EAR 499 $\mu\text{g/p/d}$. La vitamina A expresada en EAR es un 27% inferior que como ER. El 76% de las ingestas se adecuan a las ingestas recomendadas y el 63% a la ingesta diaria recomendada.

Conclusiones: Los datos individualizados de carotenoides permiten mayor precisión en los estudios entre dieta y salud, y facilitan la valoración de la ingesta de vitamina A, expresada en ER, EAR o en otras formas de expresión futuras. La ingesta de vitamina A expresada como EAR implica una reducción importante en la contribución de los carotenoides a la ingesta de vitamina A, lo que conlleva un aumento en la detección de inadecuaciones en la ingesta de esta vitamina.

(Nutr Hosp. 2012;27:1334-1343)

DOI:10.3305/nh.2012.27.4.5886

Palabras clave: Vitamina A. Carotenoides. Carotenos. Xantofilas. Estatus nutricional.

CAROTENOID DATA BASE TO ASSESS DIETARY INTAKE OF CAROTENES, XANTHOPHYLLS AND VITAMIN A; ITS USE IN A COMPARATIVE STUDY OF VITAMIN A NUTRITIONAL STATUS IN YOUNG ADULTS

Abstract

Objectives: 1) Develop a database of carotenoids (BD-carotenoids) in foods widely consumed in Spain. 2) To assess the vitamin A nutritional status (expressed as retinol equivalents [RE] and retinol activity equivalents [RAE]) in young adults.

Methods: The BD-carotenoids includes data on carotenes (β -carotene, α -carotene and lycopene) and xanthophylls (β -cryptoxanthin, lutein and zeaxanthin) generated by HPLC.

Vitamin A intake was assessed by a 3-day food record in 54 adults (20-35 years of age, not obese and with serum retinol $> 30 \mu\text{g/dl}$), using the BD-carotenoids and a Food Composition Table widely used in Spain.

Results: The BD-carotenoids includes data on 89 foods (9 raw or boiled and 14 processed). The intake of provitamin-A carotenoids is 2.5 mg/p/d, that of RE 682 $\mu\text{g/p/d}$ and that of RAE 499 $\mu\text{g/p/d}$. The vitamin A intake expressed as RAE is 27% lower than that expressed as RE. Seventy-six percent of the intake meets the daily intake recommendations and 63% meets the reference daily intakes of vitamin A.

Conclusions: Data on individual carotenoids ensure greater accuracy in studies on diet and health, and provide easier assessment of the vitamin A intake, expressed as RE, RAE, or any other future forms. The vitamin A intake expressed as RAE represents a substantial reduction in the carotenoid contribution to vitamin A intake, which enhances the detection of inadequacies of that intake.

(Nutr Hosp. 2012;27:1334-1343)

DOI:10.3305/nh.2012.27.4.5886

Key words: Vitamin A. Carotenoids. Carotenes. Xanthophylls. Nutritional status.

Correspondencia: Begoña Olmedilla Alonso.
ICTAN. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
C/ José Antonio Novais, 10.
28040 Madrid. España.
E-mail: Bolmedilla@ictan.csic.es

Recibido: 3-IV-2012.
Aceptado: 10-IV-2012.

Abreviaturas

BD-carotenoides: Base de datos de carotenoides.
EAR: Equivalentes de actividad de retinol.
ER: Equivalentes de retinol.
FESNAD: Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética.
HPLC: Cromatografía líquida de alta eficacia.
RDA: Ingesta diaria recomendada.
IR: Ingestas recomendadas.
TCA: Tablas de composición de alimentos.
TCA-Moreiras: Tabla de composición de alimentos de Moreiras y cols.

Introducción

Los carotenoides son pigmentos liposolubles de origen vegetal que están presentes en el organismo humano, el cual no los sintetiza *de novo* y los obtiene a partir de la dieta. La principal actividad de estos compuestos en las plantas es la fotoprotección del sistema fotosintético, y en el organismo humano destaca, entre otras, la actividad provitamínica A. Esta actividad es la única función reconocida de los carotenoides¹, siendo el β -caroteno, de entre los que poseen dicha capacidad, el que por su estructura tiene un mejor rendimiento en retinol. Además, estos compuestos pueden ejercer otras actividades de importancia en la salud humana, como son la antioxidante², la potenciación del sistema inmune³ y la fotoprotección de tejidos, como el epitelial y el ocular^{4,5}.

En la dieta humana los carotenoides son aportados fundamentalmente por frutas y hortalizas y en pequeña proporción a partir de fuentes animales y a través de los aditivos alimentarios (colorantes). De los casi cincuenta carotenoides disponibles en la dieta humana, que pueden ser absorbidos y metabolizados, sólo seis representan más del 95% de los carotenoides totales en sangre y son los habitualmente estudiados en el contexto dieta y salud humana⁵. La mitad de estos compuestos tienen actividad provitamínica A, son el β -caroteno, el α -caroteno y la β -criptoxantina, y otros tres no tienen dicha capacidad, son el licopeno, la luteína y la zeaxantina.

Una elevada ingesta de frutas y hortalizas está claramente asociada con un menor riesgo de diversas enfermedades crónicas^{6,7,8}, sin embargo, al considerar su contenido en carotenoides, las asociaciones son contradictorias^{9,10}. Una de las razones de estas discrepancias se debe a los numerosos factores que en las tablas de composición de alimentos (TCA) pueden dar lugar a una falta de fiabilidad en los datos (ej. identificación del alimento) y dificultar la comparación de la ingesta (ej. términos usados para referirse a los carotenoides)¹¹.

Tradicionalmente, las TCA han incluido datos de los carotenoides con actividad provitamínica A, expresando su contenido total o su aporte al contenido de

vitamina A en el alimento¹², bien como equivalentes de retinol (ER) o, más recientemente, como equivalentes de actividad de retinol (EAR). Estos datos, en la mayoría de las TCA elaboradas en España son bibliográficos^{12,13,14,15,16}, pocas incluyen datos analíticos¹⁷. Por otra parte, aunque todavía muy pocas TCA ofrecen datos individualizados de carotenoides, con y sin actividad provitamínica^{18,19,20,21}, debido al, cada vez mayor, número de estudios sobre la actividad biológica de los diferentes carotenoides en relación con la salud humana (ej. luteína y zeaxantina en función visual, licopeno en relación con sistema cardiovascular), la información que ofrecen se está ampliando y también mejorando su fiabilidad al incluir datos obtenidos mediante cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC), que permite la separación individualizada de carotenoides, incluso de formas *trans* y *cis*, y por tanto, facilita el cálculo de la actividad vitamínica del alimento. Finalmente, es importante resaltar que hay pocos datos sobre el contenido en luteína y zeaxantina individualmente¹⁸, ya que se han analizado en general de forma conjunta debido a la dificultad analítica de su separación⁵. Un mayor detalle en el contenido individualizado de carotenoides en los alimentos contribuirá a una mejor comprensión de su papel en la relación dieta y salud.

El presente trabajo tiene dos objetivos: elaborar una base de datos de carotenoides de alimentos consumidos en España a partir de datos analíticos para la mayoría de los alimentos, y utilizar esta base de datos en la valoración del estado nutricional en vitamina A (expresada como ER y EAR) de un grupo de adultos jóvenes en un estudio comparativo con las TCA de Moreiras y cols.¹², ampliamente utilizadas en España.

Material y métodos

Base de datos de carotenoides (BD-carotenoides)

Para la compilación de datos de carotenoides se han usado los siguientes criterios:

- Carotenoides: se han incluido aquellos habitualmente estudiados en el contexto dieta y salud humana. Desde el punto de vista de estructura química, tres de ellos son carotenos o carotenoides hidrocarburos: β -caroteno, α -caroteno y α -criptoxantina, y otros tres xantofilas u oxicarotenos: luteína, zeaxantina y licopeno. Desde el punto de vista nutricional, tres poseen actividad provitamínica A: β -caroteno, α -caroteno, β -criptoxantina, y otros tres no muestran esta actividad: luteína, zeaxantina, licopeno.

La contribución de los carotenoides a la ingesta de vitamina A, se ha expresado como ER²² y como EAR¹.

$ER (\mu\text{g}/\text{día}) = \text{retinol} + (\beta\text{-caroteno}/6) + (\alpha\text{-caroteno}/12) + (\beta\text{-criptoxantina}/12).$

EAR ($\mu\text{g}/\text{día}$) = retinol + (β -caroteno/12) + (α -caroteno/24) + (β -criptoxantina/24).

- b) Alimentos: se han incluido frutas y hortalizas, mayoritariamente, y también productos lácteos por constituir los aportes principales a la ingesta de carotenoides en Europa⁵, así como el aceite de oliva y los huevos porque su consumo cuantitativo en la población española²³ podría influir en la ingesta total de carotenoides. Se incluyen datos de los alimentos en forma cruda, tras proceso de cocción o procesados industrialmente.
- c) Tipo de datos: se incluyen principalmente datos analíticos generados en España y se completan con datos bibliográficos obtenidos mediante HPLC por ser la técnica de elección para este tipo de análisis²⁴. Así, la base de datos se ha construido principalmente a partir de datos analíticos propios ya publicados^{25,26,27} y otros generados para esta BD-carotenoides siguiendo el mismo procedimiento analítico (valorado como “altamente aceptable”)¹⁸. Se completa la información con datos bibliográficos europeos²¹ y de EEUU^{19,20} que muestran el contenido de luteína y zeaxantina de forma conjunta.

Estudio comparativo de la ingesta de vitamina A en adultos jóvenes

La ingesta de vitamina A a partir de carotenoides se ha calculado mediante la BD-carotenoides, expresada en ER y EAR, y utilizando las TCA de Moreiras y cols.¹² (TCA-Moreiras), que aporta datos bibliográficos de “carotenos provitamínicos totales”, de retinol y de ER, de más de quinientos alimentos (generalmente, en crudo).

El contenido de retinol (preformado) se ha tomado de las TCA-Moreiras, por haber sido las utilizadas en numerosos estudios de nutrición y alimentación nacionales^{28,29} e internacionales^{30,31}. Para el cálculo de los ER, las TCA-Moreiras introducen una modificación en la fórmula inicial²², ya que la contribución de los carotenoides provitamínicos aportados por productos lácteos la divide entre dos y los aportados por el resto de alimentos entre seis.

La ingesta dietética reciente se valoró a partir de tres recuerdos de 24 h, uno de ellos coincidiendo con un día festivo, realizados en un período de 7 a 10 días. El primer recuerdo se llevó a cabo de forma presencial mediante un entrevistador especializado, normalmente el mismo que, en días posteriores realizó telefónicamente los otros dos recuerdos. Las cantidades consumidas se estimaron en unidades (frutas), raciones y medidas caseras estandarizadas para este estudio¹². A partir de esta información se calculó la ingesta de alimentos en gramos/día y a partir de ésta se determinó la ingesta diaria de vitamina A expresándola en ER y en EAR.

Sujetos

Participaron en el estudio 54 adultos jóvenes, 27 hombres y 27 mujeres, con edades comprendidas entre 20 y 35 años, con un índice de masa corporal inferior a 30 kg/m², con retinol sérico en rango de normalidad (30-80 $\mu\text{g}/\text{dl}$; determinado mediante HPLC) y que consumían dietas variadas.

Este estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Universitario Puerta de Hierro-Majadahonda y los voluntarios firmaron el consentimiento informado antes del inicio del estudio.

Análisis estadístico

Los datos se expresan como valor medio y desviación estándar ya que muestran una distribución normal, excepto en el caso de la vitamina A expresada como ER calculada a partir de la BD-carotenoides, para la cual se aporta además el valor de la mediana.

Para comparar los resultados de la ingesta de vitamina A, expresadas en ER (dos tipos de cálculo) y en EAR, se utilizó el test de Wilcoxon. La correlación entre dichas variables se valoró mediante el coeficiente de Spearman. El nivel de significación estadística se estableció para un valor de $p < 0,05$. Se utilizó el paquete estadístico SPSS.v 19 (SPSS Inc., Chicago, IL. EE.UU).

Resultados

Base de datos de carotenoides

En la tabla I se muestran 124 entradas de 89 alimentos diferentes; para cada una de ellas se indica la composición individualizada en carotenos (α -caroteno, β -caroteno y licopeno) y xantofilas (luteína, zeaxantina y β -criptoxantina), así como el nombre científico binomial de la especie de que proceden, el porcentaje de porción comestible analizado, la referencia bibliográfica del dato y, finalmente, el valor de vitamina A aportado por los carotenoides provitamínicos A (α -caroteno, β -caroteno y β -criptoxantina) expresado en ER y en EAR. La concentración de luteína y zeaxantina se ofrece de forma individualizada para la mayoría de los alimentos, pero no para todos, ya que debido a la dificultad de su separación analítica, en la bibliografía se encuentran frecuentemente cuantificados de forma conjunta⁵. Por ello, y para posibilitar la comparación con otros datos de la bibliografía, se ha incluido en la tabla una columna con la concentración de luteína más zeaxantina.

De las 124 entradas en dicha tabla, 70 proceden de datos analíticos propios^{25,26,27}, 29 son datos procedentes de bibliografía europea²¹, 25 de bibliografía de EEUU^{18,19,20}. De todos ellos, 9 aparecen tanto en crudo como en cocinado, y 14 procesados de diferentes formas como en zumo, congelados, enlatados o en conserva.

Tabla I
Contenido en carotenos y xantofilas de alimentos consumidos en España, expresados en µg/100 g de porción comestible

Alimento (variedad o procesamiento)	Nombre científico (binomial)	PC	Luteína	Zeaxantina	Lut+Zeax	Licopeno	α-caroteno	β-caroteno	β-cryptoxantina	ER-carot	EAR-carot	Ref.
Alimentos de origen vegetal												
Aceite de oliva virgen (hojiblanca)	Olea europaea	100	599	-	599	-	-	219	-	37	18	18
Aceite de oliva virgen (picual)	Olea europaea	100	934	-	934	-	-	233	-	39	19	18
Aceitunas con hueso (verdes en vinagre y enlatadas)	Olea europaea	88	1.960	-	1.960	-	-	207	4	35	17	19
Acelgas, tallos y hojas (cocidas)	Beta vulgaris	88	1.503	-	1.503	-	-	1.360	-	227	113	25
Acelgas, tallos y hojas (crudas)	Beta vulgaris	72	314	-	-	-	29	1.095	40	183	91	25
Aguaicate	Persea americana	93	tr	tr	tr	-	-	81	28	19	8	26
Albaricoque	Prunus armeniaca L.	47	275	-	275	9	-	140	38	26	13	26
Albaricoque desecado (orejones)	Prunus armeniaca L.	47	163	-	163	-	-	827	-	142	71	21
Alcachofa (cocida)	Cynara scolymus L.	47	67*	-	67*	-	-	59	-	10	5	25
Alcachofa (cruda)	Cynara scolymus L.	47	163	-	163	-	-	47	-	8	4	25
Alcaparras	Capparis spinosa	88	163	-	163	-	-	83	-	14	7	19
Apio blanco (crudo)	Apium graveolens	85	1.335	-	1.335	-	-	65	-	11	5	27
Apio verde (cocido)	Apium graveolens	85	860	-	860	-	-	1.109	-	185	92	27
Apio verde (crudo)	Apium graveolens	85	860	-	860	-	-	570	-	95	48	27
Arándano	Vaccinium myrtillus	100	0*	-	0*	-	-	204	0	34	17	21
Batata	Ipomoea batatas	100	3.570	3.260	3.570	-	-	9.488	1.100	1.581	791	19
Bayas de Gogi	Lycium barbarum	97	1.043	-	1.043	-	1	483	-	172	86	A
Berinjena (cruda)	Solanum melongena	97	1.108	-	1.108	-	-	50	-	8	4	21
Berros (crudos)	Nasturtium officinale	97	10.713*	-	10.713*	-	-	5.919	-	987	493	21
Brécol (cocido)	Brassica oleracea	97	1.043	-	1.043	-	1	450	-	75	38	27
Brécol (crudo)	Brassica oleracea	79	169	-	1.108	-	-	414	-	69	35	27
Calabacín (cocido)	Cucurbita pepo L.	79	108	-	169	-	-	26	11	5	3	25
Calabacín (crudo)	Cucurbita pepo L.	79	108	-	108	-	-	23	6	4	2	25
Calabaza (cocida)	Cucurbita maxima	100	4.357	-	630*	-	-	490	60	87	43	21
Calabaza redondeada (cruda)	Cucurbita maxima	100	4.357	-	623	-	31	188	-	34	17	A
Calabaza alargada (cruda)	Cucurbita maxima	100	4.357	-	728	-	53	692	-	120	60	A
Canónigos (crudo)	Valerianella locusta	100	834*	-	4.357	-	-	2.655	-	442	221	A
Caqui	Diospyros Kaki	100	5	tr	5	158	-	253	1.447	163	81	19
Cardo (crudo)	Cynara cardunculus	89	2	tr	5	-	49	3.954	-	663	332	19
Cebolla (cocida)	Allium cepa L.	89	2	tr	2	-	-	3	-	1	0	25
Cebolla (cruda)	Allium cepa L.	89	255*	-	2	-	-	1	-	0	0	25
Cebolleta (cruda)	Allium fistulosum L.	85	44	4	48	10	2	142	5	24	12	21
Cerezas	Prunus avium	92	83	-	-	-	-	13	-	3	1	26
Champñón (crudo o cocido)	Agaricus bisporus	80	468	-	-	-	-	-	-	0	0	21
Ciruela amarilla	Prunus domestica L.	84	15	tr	83	-	-	117	-	0	0	26
Col rizada (cocida)	Brassica oleracea	80	185	-	15.798*	-	-	6.202	-	1.034	517	19
Coles (hoja oscura, tipo berza) (crudas)	Brassica oleracea L.	84	15	tr	8.091*	-	90	4.418	20	746	373	19
Coles de Bruselas (cocidas)	Brassica oleracea L.	84	15	tr	468	-	-	162	-	27	14	25
Coles de Bruselas (crudas)	Brassica oleracea L.	84	15	tr	185	-	-	77	-	13	6	25
Coliflor (cocida)	Brassica oleracea L.	84	4	-	15	-	-	7	-	1	1	25
Coliflor (cruda)	Brassica oleracea L.	84	4	-	4	-	-	2	-	0	0	25

Tabla I (cont.)
Contenido en carotenos y xantofilas de alimentos consumidos en España, expresados en µg/100 g de porción comestible

Alimento (variedad o procesamiento)	Nombre científico (binomial)	PC	Luteína	Zeaxantina	Lut+Zeax	Licopeno	α-caroteno	β-caroteno	β-criptoxantina	ER-carot	EAR-carot	Ref.
Espárragos verdes (cocidos)	Asparagus officinalis	50	738	-	738	-	-	387	-	65	32	25
Espárragos verdes (crudos)	Asparagus officinalis	50	609	-	609	-	-	320	-	53	27	25
Espinacas (cocidas)	Spinacia oleracea L.	76	6.422	564	6.986	-	-	4.626	-	771	386	25
Espinacas (crudas)	Spinacia oleracea L.	76	4.229	377	4.606	-	-	3.254	-	542	271	25
Frambuesa	Rubus idaeus L.	-	-	-	-	-	12	8	-	2	1	19
Fresón	Fragaria vesca	96	14	tr	14	-	-	4	-	1	0	26
Grellos y nabizas (cocidas)	Brassica napus	-	-	-	8.440*	-	-	4.575	-	763	381	19
Guisantes (cocidos)	Pisum sativum	-	-	-	1.840*	-	-	548	-	91	46	21
Guisantes congelados	Pisum sativum	-	-	-	-	33	-	320	28	56	28	19
Guisantes en conserva	Pisum sativum	-	-	-	1.350*	-	-	320	-	53	27	19
Habas en grano (cocidas)	Vicia faba	-	-	-	654*	-	-	406	-	68	34	21
Judías verdes (cocidas)	Phaseolus vulgaris L.	93	487	-	487	-	79	238	-	46	23	25
Judías verdes (crudas)	Phaseolus vulgaris L.	93	365	-	365	-	35	166	-	31	15	25
Ketchup	-	-	-	-	210*	9.900	-	5.000	-	833	417	21
Kiwi amarillo	Actinidia chinensis	-	41	-	41	-	-	32	-	5	3	A
Kiwi verde	Actinidia chinensis	66	96	-	96	-	-	16	-	3	1	26
Lechuga romana (cruda)	Lactuca sativa L.	50	340	-	340	-	-	172	-	29	14	25
Lechuga tipo iceberg (cruda)	Lactuca sativa L.	88	140	-	140	-	-	48	-	8	4	25
Limón	Citrus limon	60	2	1	3	-	tr	7	14	1	1	26
Lombarda (cocida)	Brassica oleracea	81	23	4	27	-	-	3	tr	1	1	25
Lombarda (cruda)	Brassica oleracea	81	8	tr	8	-	-	138	52	27	14	19
Macedonia de frutas en almíbar	-	-	-	-	112*	-	-	20	50	8	4	21
Macedonia de frutas en su jugo	-	-	-	-	50*	-	-	-	-	0	0	A
Maíz (fresco, desgranado)	Zea mays	-	-	-	628	-	-	30	-	8	4	19
Maíz (dulce desgranado en conserva)	Zea mays	-	-	-	884*	-	33	213	843	106	53	26
Mandarina	Citrus reticulata	73	-	-	-	-	-	152	-	25	13	A
Mango	Mangifera indica L.	-	-	-	-	-	-	20	8	4	2	26
Manzana	Malus pumila	-	-	-	6	-	-	525	46	94	47	19
Maracuyá	Passiflora edulis	80	6	tr	-	-	35	540	-	90	45	21
Margarina	-	-	-	-	-	-	-	64	74	17	9	26
Melocotón	Prunus persica	69	16	31	47	-	3	334	141	67	34	19
Melocotón en almíbar	Prunus persica	62	2	tr	33*	-	-	21	-	4	2	26
Melón	Cucumis melo	-	-	-	2	-	-	78	-	13	7	21
Mora	Rubus ulmifolius	-	-	-	0*	-	-	72	-	12	6	21
Nabo (crudo)	Brassica rapus	-	-	-	134	-	13	48	448	46	23	26
Naranja	Citrus sinensis	72	68	66	-	-	-	50	30	11	5	21
Nectarina	Prunus persica	-	-	-	-	-	-	977	663	218	109	26
Níspero	Eriobotrya japonica	65	-	-	-	-	-	276	76	52	26	19
Papaya	Carica papaya L.	-	-	-	75*	-	-	2	tr	0	0	25
Patata (cocida)	Solanum tuberosum,L.	74	44	21	65	-	tr	1	tr	0	0	25
Patata (cruda)	Solanum tuberosum,L.	74	12	4	16	-	tr	11	-	2	1	25
Peperino (crudo)	Cucumis sativus L.	70	16	-	16	-	-	2	-	1	1	25
Pera	Cucumis sativus L.	80	11	-	11	-	-	2	3	1	0	26

Tabla I (cont.)
Contenido en carotenos y xantofilas de alimentos consumidos en España, expresados en µg/100 g de porción comestible

Alimento (variedad o procesamiento)	Nombre científico (binomial)	PC	Luteína	Zeaxantina	Lut+Zeax	Licopeno	α-caroteno	β-caroteno	β-criptoxantina	ER-carot	EAR-carot	Ref.
Pimiento morrón (rojo, cocido)	Capsicum annuum	85	-	390	390	-	62	2.220	-	375	188	19
Pimiento rojo (cocido)	Capsicum annuum	85	-	289	289	-	-	693	371	146	73	25
Pimiento rojo (crudo)	Capsicum annuum	95	377	-	377	-	-	414	251	90	45	25
Pimiento verde (cocido)	Capsicum annuum	95	341	-	341	-	-	255	-	43	21	25
Pimiento verde (crudo)	Capsicum annuum	95	341	-	341	-	-	205	-	34	17	25
Piña	Ananas sativus	-	-	-	-	-	-	57	-	10	5	A
Piña enlatada en su jugo	Ananas sativus	-	-	-	2*	-	1	18	2	3	2	21
Plátano	Musa paradisiaca	60	7	-	-	-	63	77	-	18	9	26
Pomelo (amarillo)	Citrus paradisi	-	-	-	8*	-	6	5	3	2	1	21
Pomelo (rosa)	Citrus paradisi	-	-	-	0*	3.362	-	1.310	-	218	109	21
Puerro (cocido)	Allium porrum L.	35	171	19	190	-	-	99	-	17	8	27
Puerro (crudo)	Allium porrum L.	35	76	5	81	-	-	51	-	9	4	27
Remolacha en conserva	Beta vulgaris	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	21
Repollo (cocido)	Brassica oleracea L.	81	93	6	99	-	-	33	-	6	3	25
Repollo (crudo)	Brassica oleracea L.	81	59	6	65	-	-	22	-	4	2	25
Rúcula	Diplolaxis tenuifolia L.	100	8.061	-	8.061	-	-	3.575	-	596	298	A
Sandía	Citrullus lanatus	78	40	-	40	2.454	-	77	62	18	9	26
Tamarindo	Tamarindus indica	-	-	-	-	-	-	8	-	1	1	19
Tomate al natural enlatado	Lycopersicon esculentum mill.	-	-	-	40*	9.708	-	186	-	31	16	19
Tomate canario (crudo)	Lycopersicon esculentum mill.	95	44	-	44	1.604	-	443	-	74	37	25
Tomate común (crudo)	Lycopersicon esculentum mill.	97	52	-	52	2.116	-	494	-	82	41	25
Tomate frito	Lycopersicon esculentum mill.	-	114	-	114	14.571	-	315	-	53	26	27
Tomate pera (crudo)	Lycopersicon esculentum mill.	95	72	-	72	62.273	-	393	-	66	33	25
Uvas blancas	Vitis vinifera L.	100	13	-	13	-	-	17	-	3	1	26
Uvas negras	Vitis vinifera L.	-	-	-	-	-	-	39	-	7	3	19
Yuca o mandioca	Manihot esculenta	-	-	-	-	-	-	8	-	1	1	19
Zanahoria (cocida)	Daucus carota L.	85	273	-	273	-	3.245	8.162	-	1.631	815	25
Zanahoria (cruda)	Daucus carota L.	85	288	-	288	-	2.895	6.628	-	1.346	673	25
Zanahoria en conserva	Daucus carota L.	-	-	-	-	-	3.700	9.800	-	1.942	971	21
Zumo de naranja comercial	Citrus sinensis L.	-	-	-	138*	-	2	24	99	12	6	19
Zumo de naranja natural	Citrus sinensis L.	-	-	-	27*	-	6	82	701	73	36	21
Zumo de tomate	Lycopersicon esculentum mill.	-	-	-	30*	9.675	-	423	-	71	35	21
<i>Alimentos de origen animal</i>												
Huevo de gallina (crudo)	-	-	-	-	620*	-	-	13	-	2	1	21
Leche de vaca entera	-	-	-	-	-	-	-	20	-	3	2	21
Leche de vaca semidesnatada	-	-	-	-	-	-	-	10	-	2	1	21
Mantequilla	-	-	-	-	-	-	-	410	-	68	34	21
Mayonesa comercial	-	-	-	-	-	-	-	42	-	7	4	21
Queso Cheddar	-	-	-	-	-	-	-	85	-	14	7	19
Yema de huevo (cruda)	-	-	-	-	1.576*	-	-	29	-	5	2	21
Yogur	-	-	-	-	-	-	-	13	-	2	1	21

-: No detectado; Celda vacía: no analizado; *Concentración de luteína + zeaxantina aportada de forma conjunta en la referencia; A= Alimentos analizados para esta base de datos.

En general, los carotenoides con actividad provitamina A son aportados en mayor cantidad por las hortalizas (especialmente, por la zanahoria, berros, coles, batata, grellos y espinacas, que contienen más de 300 µg EAR/100 g de porción comestible), siendo las concentraciones mayores en el alimento cocido que en el fresco. De los alimentos procesados, la salsa ketchup contiene una muy elevada cantidad de β-caroteno (5.000 µg/100 g). En las frutas, el contenido de carotenoides provitamínicos es destacable (más de 70 µg de EAR/100 g) en pomelo, el caqui y el níspero.

En las frutas y hortalizas de color verde o blanco amarillento, la actividad provitamina se debe fundamentalmente al β-caroteno, mientras que en las de color naranja (ej. naranja, mandarina, caqui) a esta actividad contribuye la β-criptoxantina en mayor medida que el β-caroteno.

Respecto a los carotenoides que no poseen actividad provitamina A, hay que destacar la presencia de luteína, ampliamente distribuida en alimentos vegetales junto con el β-caroteno, en alimentos de color verde, donde está en cantidades superiores a 1.000 µg/100 g, en espinacas, acelgas, apio verde, brécol y en la yema de huevo (datos conjuntos con zeaxantina). La zeaxantina se encuentra en un menor número de alimentos, entre las hortalizas, está en las espinacas, el pimiento rojo y el maíz, y en las frutas, se encuentra en la naranja. El licopeno se encuentra en un limitado número de alimentos como son el tomate, la sandía, el caqui y el pomelo rosa, pero con una gran presencia en alimentos procesados que contienen tomate (ej. tomate frito, pizzas, sopas).

En las ocho entradas de productos de origen animal que se muestran en la tabla I se puede observar que el contenido de carotenoides es muy inferior al presente en productos vegetales. Se puede destacar el contenido de β-caroteno en la mantequilla y de luteína en la yema de huevo.

Evaluación de la ingesta de vitamina A de adultos jóvenes

En la tabla II se muestran los datos de ingesta de carotenoides provitamínicos A, de retinol y de vitamina A

(expresada como ER y como EAR). A partir de la BD-carotenoides se ha calculado la ingesta de carotenoides provitamínicos (suma de α-caroteno, β-caroteno y β-criptoxantina) y con las TCA-Moreiras tenemos el aporte de "carotenos provitamínicos totales", ambos datos de ingesta no muestran diferencias significativas.

La ingesta de retinol se valoró utilizando las TCA-Moreiras. La ingesta de vitamina A se ha podido expresar como ER y como EAR, cuando se dispone de datos individualizados de carotenoides provitamínicos (en la BD-carotenoides). Los resultados de ingesta de vitamina A, expresada como ER (dos datos) y como EAR, muestran correlaciones significativas ($r > 0,901$). La ingesta de vitamina A, expresada como ER, muestra sólo un 5% de diferencia entre la calculada a partir de la BD-carotenoides o de las TCA-Moreiras, a pesar de que las fórmulas utilizadas son diferentes. En cambio, la ingesta de vitamina A, como EAR es un 27% inferior al valor de ER ($p = 0,000$).

Finalmente, en la tabla II se indica el porcentaje de adecuación de esta ingesta a las ingesta recomendada (IR) para la población española, indicada en las TCA-Moreiras¹² (800 µg/día y 1.000 µg/día de ER para mujeres y hombres, respectivamente) y a la ingesta diaria recomendada (RDA) para la población norteamericana y canadiense¹, expresada en EAR (700 µg/día y 900 µg/día de EAR para mujeres y hombres, respectivamente). Así, la ingesta media de vitamina A de la muestra (expresada como ER) no llega a cubrir las IR para la población española¹². El nivel de inadecuación a la ingesta recomendada es todavía mayor cuando se compara con las actuales RDA¹, expresadas en EAR, ya que en ningún caso se alcanzaría el nivel recomendado.

Discusión

Base de datos de carotenoides

La BD-carotenoides en alimentos proporciona datos individualizados de los seis carotenoides mayoritarios en sangre y, por tanto, facilita la correcta estimación de cada uno de ellos en relación con distintas situaciones

Tabla II
Ingestas de retinol, de carotenoides provitamínicos (µg/día) y de vitamina A total

	Carotenoides provitamínicos-A	Retinol	Vitamina A	
			Equivalentes de retinol (% IR)	Equivalentes de actividad de retinol (% RDA)
BD-carotenoides	2.484 ± 2.443	316,9 ± 222,1	682 ± 430 ^a (76 ± 46)	499 ± 293 (63 ± 36)
TCA-Moreiras y cols.	2.346 ± 2167		716 ± 422 (80 ± 46)	

^aMediana: 555 µg ER/día.

de salud o enfermedad. Esto es de gran importancia ya que, como se ha observado en la última encuesta de nutrición y salud en EEUU, cada uno de ellos tiene diferentes efectos en relación con las causas de mortalidad y además, muestran interacciones entre ellos¹⁰. Además, hay que destacar que en la BD-carotenoides se aportan datos de luteína y zeaxantina de forma independiente para casi todos los alimentos y esto es de gran interés ya que estos compuestos, que se depositan de forma selectiva en retina con distribuciones específicas¹, son recomendados para mejorar la función visual y están siendo utilizados en un extenso estudio para disminuir el riesgo de enfermedades oculares asociadas al envejecimiento³².

Por otra parte, disponer de datos de carotenoides (carotenos y xantofilas) provitamínicos, de forma individualiza, permite una adecuada valoración de la ingesta de vitamina A, expresada en ER, EAR o en otras formas de expresión que puedan plantearse en base al conocimiento sobre su biodisponibilidad y conversión en formas activas.

Todos los datos incluidos en la BD-carotenoides proceden de análisis realizados mediante HPLC, por ser la mejor técnica disponible actualmente y por permitir un mejor cálculo de la ingesta de vitamina A. Los alimentos incluidos son fundamentalmente de origen vegetal, ya que frutas y hortalizas son los principales contribuyentes a la ingesta de carotenoides en la mayoría de las dietas y, además, los alimentos vegetales aportan alrededor del 25-35% de la ingesta total de vitamina A o incluso más, hasta el 82% en países en desarrollo²⁴.

Aunque la mayoría de los datos de la BD-carotenoides proceden de análisis propios de frutas y hortalizas comercializadas en España^{25,26,27}, analizadas en crudo y también cocidas (aquellas que no se consumen crudas), también se han incorporado datos bibliográficos de algunos alimentos de amplio consumo en la población española según la Encuesta Nacional de Ingesta Dietética de 2011²³, como es el aceite de oliva. El aceite elaborado con la variedad picual es el más extendido en España y contiene luteína (934 µg/100 g) y β-caroteno (233 µg/100 g). Este aceite se puede considerar una buena fuente de luteína, ya que el consumo medio nacional de 23 g aceite/día²³, asumiendo que todo fuese de oliva, aportaría unos 215 µg luteína/día, cantidad superior a la aportada por la ingesta media de espinacas²³ (alimento con elevado contenido en luteína). También se han incluido en la BD-carotenoides algunos alimentos de origen animal, como son los lácteos, el huevo y derivados, que aunque tienen un bajo contenido en carotenoides, debido a su elevado consumo²³, pueden llegar a tener una contribución significativa a la ingesta de algunos carotenoides, como por ejemplo el α-caroteno²¹ o la luteína en el caso del huevo, que puede llegar a aportar 151 µg luteína/día (calculado en base a un consumo medio de 24,3 g huevo/día), cantidad equiparable a la aportada por la ingesta media diaria de espinacas. Finalmente, las bayas de Goji (o bayas del

Tibet) se han incluido por el elevado contenido en zeaxantina (3.260 µg/100 g), carotenoide escasamente presente en nuestra dieta, y por su amplia difusión en el mercado español en los últimos años.

Los carotenoides habitualmente presentes en frutas y hortalizas son el β-caroteno y la luteína. El licopeno se encuentra en pocos alimentos de forma natural, pero está presente en numerosos platos (recetas) y alimentos procesados a los que se añade tomate. El licopeno en poblaciones europeas es aportado fundamentalmente por el tomate y derivados²¹ durante todo el año, y de forma estacional, en la población española, por la sandía³³ y el caqui. En cuanto a la β-criptoxantina, es aportada por naranjas/mandarinas, pimiento rojo y por alimentos de presencia en aumento en el mercado español, como el caqui.

Hay numerosas bases de datos de composición de alimentos, pero en general, no contienen información sobre carotenoides. En Europa, el proyecto EuroFIR tuvo como objetivo crear una plataforma europea de bases de datos de composición de alimentos y entre los países participantes está España, donde en 2006 se comenzó la elaboración de la Base Española de Datos de Composición de Alimentos¹⁵ y en ella se espera integrar los datos aquí presentados.

Evaluación de la ingesta de vitamina A en adultos jóvenes

Para el cálculo de ingesta de vitamina A se han utilizado dos tablas/base de datos diferentes, que comparan los datos de retinol pero no los de carotenoides. Según estas fuentes, la ingesta de carotenoides provitamínicos no es significativamente diferente y por tanto, tampoco lo es la de vitamina A, expresado como ER. En cambio, la contribución de los carotenoides provitamínicos a la ingesta de vitamina A es significativamente inferior cuando se expresa como EAR que cuando se expresa como ER (35,5 ± 20,9% vs 49 ± 22,8%, respectivamente). La diferencia de los EAR frente a los ER (27%) se debe a la menor contribución (la mitad) de los carotenoides provitamínicos en el cálculo de los EAR frente a los ER.

La ingesta de vitamina A (ER) es semejante a la descrita en otros estudios españoles y refleja dietas en las que el retinol preformado (fuentes animales) es el principal componente de la vitamina A ingerida, como ocurre en otras poblaciones occidentales^{34,35}. Sin embargo, en aquellos patrones alimentarios con elevada ingesta de frutas y hortalizas, en cuyo contenido predomine la β-criptoxantina (abundante en frutas), debido al factor aplicado al cálculo de la contribución a la ingesta de EAR, podría dar lugar a la infravaloración de la ingesta de esta vitamina³⁶.

La ingesta de carotenoides provitamínicos (α-caroteno, β-caroteno, β-criptoxantina) es de 2,5 mg/persona/día, similar a la encontrada en otros estudios en población española^{21,37}, algo superior a la descrita a

nivel poblacional en España (1,6 mg/p/día)³³ e inferior a la descrita en otros países²¹. Una adecuada comparación de los datos de ingesta de carotenoides requiere que su contenido en alimentos haya sido analizado mediante HPLC, ya que de lo contrario hay una infraestimación (aprox. 30-50%) de su ingesta¹¹.

En el grupo de adultos jóvenes, la ingesta de vitamina A no alcanza la IR de vitamina A para la población española propuesta por Moreiras¹², ya que sería un 20-24% inferior si consideramos ER y un 37% menor si se expresa en EAR, pero sí consume el nivel recomendado recientemente por la Federación Española de Sociedades de Nutrición Alimentación y Dietética³⁹, 700 y 600 µg vitamina A al día (expresada como ER), para hombres y mujeres respectivamente. Sin embargo, la vitamina A en sangre (concentración de retinol) de estos sujetos está dentro del rango de normalidad (media = 56,7 ± 14,5 µg/dL datos que serán objeto de otra publicación). Este hecho se observa frecuentemente en otros grupos de población española cuando se estudia el estado nutricional en vitamina A, el cual se encuentra en niveles por debajo del rango deseable cuando está valorado mediante métodos dietéticos^{36,39}, sin embargo, cuando para la valoración del estado nutricional se considera el marcador bioquímico, la concentración de retinol en sangre está dentro del rango de normalidad (en general, en el segundo o tercer tercil)^{39,40,41,42}. Por todo ello, quizás habría que cuestionar si el nivel las IR para vitamina A está sobreestimado o si la contribución de todos o de algunos de los carotenoides provitamínicos a la ingesta de vitamina A está infravalorada.

Conclusiones

Los estudios sobre dieta y salud requieren información individualizada de los componentes de los alimentos y en esta BD-carotenoides se facilita información sobre los principales carotenoides, con y sin actividad provitamínica A, presente en la dieta y en el organismo humano.

La ingesta de vitamina A expresada como equivalentes en actividad en retinol (EAR) implica una reducción importante en la contribución de los carotenoides a la ingesta de vitamina A, lo que conlleva un aumento en la detección de inadecuaciones en la ingesta de esta vitamina, que no suele confirmarse al utilizar marcadores bioquímicos (retinol en sangre). Consideramos que se debería cuestionar la adecuación de los valores de ingesta dietética recomendada de vitamina A, así como también la contribución de los carotenoides provitamínicos a la actividad en retinol según los tipos de dieta.

Agradecimientos

Se agradece la financiación de la Acción Estratégica en Salud del Instituto de Salud Carlos III (Ministerio de

Ciencia e Innovación Tecnológica) (PS09/00681). Rocío Estévez Santiago es becaria del CSIC en la modalidad JAE-Predoc del Programa Junta para la Ampliación de Estudios cofinanciada por el FSE.

Referencias

1. Institute of Medicine. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc. 2000; National Academy Press. Washington DC.
2. Rao A, Rao L. Carotenoids and human health. *Pharmacol Res* 2007; 55: 207-216.
3. Chew B, Park J. Carotenoid action on the immune response. *J Nutr* 2004; 134 (1): 257S-261S.
4. Sthal W, Sies H. Carotenoids and flavonoids contribute to nutritional protection against skin damage from sunlight. *Mol Biotechnol* 2007; 37: 26-30.
5. Maiani G, Perigo-Castón M, Catasta G, Toti E, Goñi-Cambrodón I, Bysted A. Carotenoids: Actual knowledge on food sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. *Mol Nutr Food Res* 2009; 53: S194-S218.
6. Bazzano L, He J, Ogden L, Liria C, Vupputuri S, Myers L, Whelton P. Fruit and vegetable intake and risk of cardiovascular disease in US adults: the first National Health and Nutrition Examination Survey Epidemiological Follow-up Study. *Am J Clin Nutr* 2002; 76 (1): 93-99.
7. Hung HC, Joshipura K, Jiang R, Hu F, Hunter D, Smith-Warner S. Fruit and vegetable intake and risk of major chronic disease. *J Natl Cancer Inst* 2004; 96 (21): 1577-1584.
8. Martínez-González M, de la Fuente-Arriaga C, López del Burgo C, Ruiz-Canela M, Benito S. Low consumption of fruit and vegetables and risk of chronic disease: a review of the epidemiological evidence and temporal trends among Spanish graduates. *Public Health Nutr* 2011, 14 (12A): 2309-2315.
9. Voutilainen S, Nurmi T, Mursu J, Rissanen T. Carotenoids and cardiovascular health. *Am J Clin Nutr* 2006; 83 (6): 1265-1271.
10. Shardell M, Alley D, Hick G, El-Kamary S. Low-serum carotenoid concentrations and carotenoid interactions predict mortality in US adults: the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Nutr Res* 2011; 31: 178-189.
11. Granado F, Olmedilla B, Blanco I, Gil Martínez E, Rojas Hidalgo E. Variability in the intercomparison of food carotenoid content data: A user's point of view. *Crit Rev Food Sci & Nutr* 1997; 37 (7): 621-633.
12. Moreiras O, Carbajal A, Cabrera L, Cuadrado C. Tablas de Composición de Alimentos. 2009; 14ª edición. Ediciones Pirámide. Madrid.
13. Centre d'Ensenyament Superior de Nutrició i Dietètica, CES-NID. Tablas de composición de alimentos/Taules de composició d'aliments. Coordinadas por el Dr. Andreu Farran. 2009; Mc-Graw-Hill, Interamericana y Edicions de la Universitat de Barcelona. Barcelona.
14. Mataix J, Mañas M, Llopis J, Martínez de Victoria E. Tablas de composición de Alimentos Españoles. 2003; Universidad de Granada. Granada.
15. Base Española de Datos de Composición de Alimentos (BEDCA). [base de datos en Internet] RedBEDCA y AESAN. [consultado en febrero de 2012] www.bedca.net
16. Martínez Burgos M A, Martínez- Victoria I, Milá R, Farrán A, Farré R, Ros G. Building a unified Spanish food database according to EuroFIR specifications. *Food Chemistry* 2009; 113: 784-788.
17. Requejo A, Ortega R, Andrés P, Ruiz F, Sánchez-Muniz F, González-Fernández M. Tablas de composición de alimentos españoles. Edición coordinada por Carretero ML y Gómez MD. 2004; Ministerio de Sanidad y Consumo. Madrid.
18. West, CE y Poortvliet, EJ. The carotenoid content of foods with special reference to developing countries. 1993; VITAL, International Science and Technology Institute. Arlington, Virginia.

19. Holden J, Eldrige A, Beecher G, Buzzard I, Bhagwat S, Davis C. Carotenoid Content of U.S. Foods: An Update of the Database. *J Food Comp Anal* 1999; 12: 169-196.
20. USDA-NCC Carotenoid Database for U.S. Foods. 1998. [base de datos en Internet] Agricultural research service, U.S. Department of Agriculture [Consultado el: 25 de febrero de 2012.] <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/car98/car98.html>
21. O'Neill M, Carroll Y, Corridan B, Olmedilla B, Granado F, Blanco I. A European carotenoid database to assess carotenoid intakes and its use in a five-country comparative study. *Br J Nutr* 2001; 85: 499-507.
22. Joint FAO/WHO Expert consultation. Requirements of vitamin A, iron, folate and vitamin B12. 1988; Rome: FAO Food and Nutrition Series, nº 23.
23. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Encuesta nacional de la Ingesta Dietética Española 2011. [En línea] 2011. Accedido 22/02/2012 http://www.aesan.mspsi.gob.es/AESAN/docs/docs/evaluacion_riesgos/datos_consumo/ENIDE.pdf
24. Rodríguez Amaya, D. Análisis de carotenoides. En Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición. 1997; C. Morón, I. Zacarías, & S. de Pablo. Santiago (Chile): Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO).
25. Granado F, Olmedilla B, Blanco I, Rojas Hidalgo E. Carotenoid composition in raw and cooked Spanish vegetables. *J Agric Food Chem* 1992; 40: 2135-2140.
26. Olmedilla, B, Granado, F y Rojas-Hidalgo, E. Quantitation of provitamin and non provitamin A carotenoids in fruits most frequently consumed in Spain. En: Food and Cancer Prevention: Chemical and Biological Aspects, 1993; K Waldrom, IT Johnson y Fenwic GK. págs. 141-145.
27. Olmedilla B, Granado F, Blanco I, Gil-Martínez E. Carotenoid content in fruit and vegetables and its relevance to human health: Some of the factors involved. *Recent Res Devel in Agricultural & Food Chem* 1998; 2 (1): 57-70.
28. Varela-Moreiras G, Avila JM, Cuadrado C, del Pozo S, Ruiz E, Moreiras O. Evaluation of food consumption and dietary patterns in Spain by the food Consumption Survey: updated information. *Eur J Clin Nutr* 2010; 64: S37-S43.
29. Varela G, Moreiras O, Carbajal A, Campo M. Estudio Nacional de Nutrición y Alimentación 1991. Encuesta de Presupuestos Familiares 1990-91. 1995; Instituto Nacional de Estadística. Madrid.
30. Del Pozo S, Cuadrado C, Moreiras O. Age-related changes in the dietary intake of elderly individuals. The Euronut-SENeca study. *Nutr Hosp* 2003; 18 (6): 348-352.
31. Rodríguez Sangrador M, Beltrán de Miguel B, Cuadrado Vives C, Moreiras Tuní O. Comparative analysis of vitamin D status and solar exposition habits in adolescent and elderly Spanish women. The Five Countries Study (OPTIFORD Project). *Nutr Hosp* 2011; 26 (3): 609-613.
32. AREDS2 (Age-Related Eye Disease Study 2) . [En línea] [Consultado el: 20 de Febrero de 2012.] www.areds2.org .
33. Granado F, Blázquez S, Olmedilla B. Changes in carotenoid intake from fruit and vegetables in Spanish population over the period 1964 - 2004. *Public Health Nutrition* 2007; 10 (10): 1018-1023.
34. Capita R, Alonso-Calleja C. Evaluation of vitamin and mineral intakes and impact of snack foods on Spanish Population. *Nutrition Research* 2006; 26: 255-265.
35. Ortega RM, Aranceta J, Serra-Majem, Entrala A, Gil A, Mena MC. Nutritional risks in the spanish population: results of the eVe study. *Eur J Clin Nutr* 2003; 57 (1): S73-75.
36. Burri B, Chang J, Neidlinger T. β -Cryptoxanthin- and α -carotene-rich foods have greater apparent bioavailability than β -carotene-rich foods in Western diets. *Br J Nutr* 2011; 105: 212-219.
37. Gómez-Aracena. Vegetable consumption and carotenoids in plasma and adipose tissue in Malaga, Spain. *Int J Vitam Nutr Res* 2003; 73 (1): 24-31.
38. Serra Majem L, Ribas Barba L, Salvador Castell G, Román Viñas B, Castell Abat C, Cabezas Peña. Tendencias del estado nutricional de la población española: Resultados del sistema de monitorización nutricional de Cataluña (1992-2003). *Rev Esp Salud Pública* 2007; 81: 559-570.
39. Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética (FESNAD). Ingestas Dietéticas de Referencia (IDR) para la población española. 2010; EUNSA. Pamplona.
40. Olmedilla B, Granado F, Gil Martínez E, Blanco I, Rojas Hidalgo E. Reference values for retinol, alpha tocopherol and main carotenoids in serum of control and insulin dependent diabetic Spanish subjects. *Clin Chem* 1997; 43 (6): 1066-1071.
41. Su L, Bui M, Kardinaal A, Gómez-Aracena J, Martin B, Thamm M. Differences between plasma and adipose tissue biomarkers of carotenoids and tocopherols. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev* 1998; 7: 1043-1048.
42. Olmedilla B, Granado F, Southon S, Wright A, Blanco I, Gil-Martínez E. Serum concentrations of carotenoids, vitamins A, E, and C, in control subjects from five European countries. *Brit J Nutr* 2001; 85: 227-238.