

ORIGINAL

Contenido de yodo de la leche convencional ultrapasteurizada (UHT) de vaca: Variaciones a lo largo del año y diferencias regionales. Implicaciones para los estudios epidemiológicos sobre el estado de nutrición de yodo

Juan José Arrizabalaga^{a,*}, Mercedes Jalón^b, Mercedes Espada^c, Mercedes Cañas^b y Pedro María Latorre^d

^a Servicio de Endocrinología y Nutrición, Hospital Universitario Araba-Arabako Unibertsitate Ospitalea, Osakidetza-Servicio Vasco de Salud, (Araba/Álava), Vitoria-Gasteiz, España

^b Dirección de Salud Pública y Adicciones, Departamento de Salud, Gobierno Vasco-Eusko Jaurlaritza, (Araba/Álava), Vitoria-Gasteiz, España

^c Unidad de Química Clínica, Laboratorio Normativo de Salud Pública, Departamento de Salud, Gobierno Vasco-Eusko Jaurlaritza, (Bizkaia), Derio, España

^d Unidad de Investigación, Atención Primaria de Bizkaia, Osakidetza-Servicio Vasco de Salud, (Bizkaia), Bilbao, España

Recibido el 8 de mayo de 2019; aceptado el 20 de agosto de 2019
Disponible en Internet el 24 de noviembre de 2019

PALABRAS CLAVE

Yodo;
Leche convencional de vaca;
Leche ultrapasteurizada (leche UHT);
Concentración de yodo en la leche

Resumen

Antecedentes y objetivos: La leche ultrapasteurizada (leche UHT) de vaca es la más consumida en el suroeste europeo. Los objetivos del estudio fueron: 1) describir el patrón que sigue la concentración de yodo (CY) en la leche convencional UHT de vaca a lo largo del año y 2) averiguar si existen diferencias en la CY en este tipo de leche según su procedencia geográfica. **Material y métodos:** Se compraron *briks* de leche convencional UHT de vaca de marcas comerciales disponibles en los grandes establecimientos de alimentación de Vitoria-Gasteiz (Araba/Álava) durante 12 meses consecutivos y se determinó su CY mediante cromatografía líquida de alta resolución. **Resultados:** La mediana (P_{25} - P_{75}) de la CY en la leche ($n = 489$) fue de 190 (159-235) $\mu\text{g/L}$. La CY experimentó grandes variaciones a lo largo del año, alcanzando valores máximos entre enero y mayo, 241 (201-272) $\mu\text{g/L}$, y mínimos entre julio y noviembre, 162 (134-185) $\mu\text{g/L}$ ($p < 0,0001$). La CY de la leche envasada en Alemania fue significativamente menor que la de las leches envasadas en España y en Francia, 119 (106-156) $\mu\text{g/L}$ frente a 189 (159-229) $\mu\text{g/L}$ y 205 (176-243) $\mu\text{g/L}$ respectivamente ($p < 0,0001$).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: arrizabalagajj@euskalnet.net (J.J. Arrizabalaga).

KEYWORDS

Iodine;
Conventional cow
milk;
Ultra-high
temperature (UHT)
processed milk;
Iodine concentration
in milk

Conclusiones: La leche convencional UHT de vaca es una fuente alimentaria muy importante de yodo, pero su CY es altamente variable. Conocer el patrón que sigue la CY en la leche a lo largo del año tiene mucho interés para la planificación de los estudios epidemiológicos sobre el estado de nutrición de yodo en escolares y para la interpretación de los resultados.

© 2019 SEEN y SED. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Iodine contents in conventional ultra-high temperature (UHT) processed cow milk: Changes over the year and regional differences. Implications for epidemiological studies on iodine nutritional status

Abstract

Background and objectives: Ultra-high temperature (UHT) processed cow milk is the milk most commonly consumed in Southwest Europe. The study objectives were: 1) to describe the pattern followed by iodine concentration (IC) in conventional UHT milk over the year, and 2) to find out any differences in IC in this type of milk depending on its geographical origin.

Material and methods: Bricks of conventional UHT cow milk of commercial brands available in food stores in Vitoria-Gasteiz (Araba/Álava), Basque Country (Spain) were bought for 12 consecutive months, and their ICs were measured using high performance liquid chromatography.

Results: Median (P_{25} - P_{75}) IC in UHT milk ($n=489$) was 190 (159-235) $\mu\text{g/L}$. IC in milk showed great changes over the year, reaching peak values between January and May (241 [201-272] $\mu\text{g/L}$), and minimal levels between July and November (162 [134-185] $\mu\text{g/L}$) ($P < .0001$). The IC of milk packed in Germany was significantly lower than that of milks packed in Spain and France, 119 (106-156) $\mu\text{g/L}$ versus 189 (159-229) $\mu\text{g/L}$ and 205 (176-243) $\mu\text{g/L}$ respectively ($P < .0001$).

Conclusions: Conventional UHT cow milk is a very important nutritional source of iodine, but its IC is highly variable. Knowledge of the pattern followed by IC in milk over the year is of great interest for planning epidemiological studies on iodine nutritional status in schoolchildren and for interpretation of their results.

© 2019 SEEN y SED. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

El yodo, un nutriente esencial para las especies animales¹, es un sustrato indispensable para la síntesis de hormonas tiroideas, a través de las cuales ejerce sus efectos biológicos más importantes^{1,2}. Investigaciones recientes han proporcionado información muy valiosa sobre el papel del yodo como antioxidante en la homeostasis redox y como agente antibacteriano, antiviral y antimicótico².

El yodo es un elemento ultratraza en la corteza terrestre^{3,4}. La mayor parte del oligoelemento se encuentra en los sedimentos oceánicos (68%) y en las rocas sedimentarias continentales (28%), mientras que el contenido en las rocas ígneas y metamórficas representa solamente el 2,7%⁴. El yodo contenido en el agua de los mares y océanos supone solamente el 0,8% del yodo de la corteza terrestre⁴ pero las concentraciones de yodo (CC YY) en las aguas marinas son relativamente elevadas, con promedios que rondan los 60 $\mu\text{g/L}$ ³.

Debido a la distribución de las rocas y los terrenos derivados de ellas en la corteza terrestre continental y a la geoquímica del yodo y a su ciclo en la biosfera, las especies animales de extensas áreas geográficas de la Tierra han estado expuestas hasta muy avanzada la segunda mitad del siglo xx a los efectos deletéreos que produce la deficiencia

de yodo (DY) sobre el crecimiento y el desarrollo y sobre la salud. Los trastornos causados por la DY han supuesto un enorme problema de salud pública a escala mundial y, en las zonas con aguas y terrenos extremadamente pobres en yodo, un obstáculo muy importante para el desarrollo económico y social⁵⁻⁷. La DY ocasiona una amplia gama de efectos adversos sobre la salud de los animales de las granjas y merma la productividad avícola y ganadera. La DY produce bocio endémico e hipotiroidismo en los animales, reduce la capacidad reproductora de las aves y del ganado, disminuye la supervivencia de las crías y ocasiona una menor producción de huevos, leche, carne y lana^{8,9}. La fortificación de la sal con yodo y la extensión del uso de la sal yodada, la suplementación de la alimentación de los animales de las granjas con yodo y la exposición humana y animal a diversas fuentes adventicias de yodo han producido un cambio radical en la situación.

Dado que la mayoría de los terrenos y las aguas terrestres superficiales son pobres en yodo soluble y que las cantidades del oligoelemento que se transfieren a los vegetales terrestres son muy bajas, la alimentación de los animales de las granjas necesita ser suplementada con yodo con fines profilácticos para prevenir la DY⁹⁻¹². Más allá de proteger la salud y mejorar la productividad de las aves y del ganado, la utilización de cantidades apropiadas de yodo suplementario permite también poner a disposición de los consumidores

nuevas fuentes alimentarias ricas en yodo^{10,11,13}. Como consecuencia de la suplementación con yodo se produce un aumento de la concentración del micronutriente en los alimentos de origen animal, pero el aumento es mucho mayor en los huevos y en la leche que en la carne de las aves y del ganado, debido a que el oligoelemento se concentra mediante transporte activo en la yema de los huevos y en la leche^{9,14,15}. La leche de las vacas cuya alimentación se suplementa con yodo y los derivados lácteos elaborados con ella se han convertido, por la cantidad en la que se ingieren y por la frecuencia de su consumo, en fuentes alimentarias importantes del micronutriente en muchos países industrializados^{16,17}.

Sin embargo, la concentración de yodo (CY) en la leche de las vacas suplementadas con el micronutriente no se mantiene constante a lo largo del año sino que experimenta variaciones importantes, con mayores CC YY durante los meses más fríos y menores durante los meses más cálidos^{12,13,18-36}. El fenómeno se ha atribuido principalmente a las variaciones que se producen en la ingesta de yodo por las vacas a lo largo del año, debidas a la mayor dependencia que tienen de los piensos compuestos (suplementados con diversos nutrientes, incluido el yodo) durante los meses fríos para la cobertura de sus necesidades de energía y nutrientes por menor disponibilidad de pastos y forraje que durante los meses templados y cálidos^{10,12,18,21,22,26}.

La leche ultrapasteurizada o leche UHT (*Ultra-High Temperature processed milk*) se obtiene mediante la aplicación de un flujo de calor continuo a temperaturas muy altas durante períodos muy cortos de tiempo con el fin de eliminar los microorganismos o esporas viables que puedan proliferar cuando el producto tratado se mantenga a temperatura ambiente en un recipiente aséptico cerrado. La leche UHT de vaca, que se caracteriza por su largo período de conservación a temperatura ambiente (varios meses) mientras no se produzca la apertura del envase, es la más vendida en varios países europeos, como Bélgica, España, Francia y Portugal, donde supone más del 90% de la leche consumida¹⁶.

En un escenario en el que el contenido nativo de yodo de la mayoría de los alimentos es bajo, estudiar y monitorizar la CY en la leche de vaca constituye un aspecto básico de conocimiento en los campos de la nutrición y de la salud pública. Ante la falta de estudios publicados sobre el contenido del micronutriente en la leche UHT de vaca en España se estimó conveniente realizar una investigación con el fin de: 1) conocer la CY en las marcas comerciales de leche UHT de vaca de producción convencional y de producción ecológica disponibles en nuestro mercado; 2) describir el patrón que sigue la CY en la leche convencional UHT de vaca durante los 12 meses del año; y 3) averiguar si existen diferencias en la CY de la leche convencional UHT según la zona geográfica donde se realiza su envasado. Los aspectos metodológicos y los resultados de la investigación sobre la CY en las leches UHT de vaca fueron ya publicados en 2015¹⁶. En este manuscrito se presentan y discuten los resultados de los otros 2 objetivos de la investigación.

Material y métodos

Se llevó a cabo un estudio descriptivo longitudinal de la CY en muestras de leche obtenidas de envases de leche

convencional UHT de vaca comprados mensualmente desde enero hasta diciembre de 2008 en las grandes cadenas de distribución de alimentos de Vitoria-Gasteiz (Araba/Álava).

Material

Los envases de las marcas comerciales de leche de vaca de producción convencional procesada mediante UHT se seleccionaron de acuerdo con los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión: 1) solamente marcas envasadas en *briks*; 2) no más de 2 marcas comerciales por cada delimitación geográfica (provincia o territorio histórico de una comunidad autónoma [en España], departamento de una región [en Francia] o distrito administrativo de un estado federado [en Alemania]); y 3) por cada marca comercial, las 3 variedades de leche en función de su contenido graso, es decir, leche entera, semidesnatada y desnatada.

Criterios de exclusión: las leches sometidas a modificaciones significativas en su composición (leches sin lactosa o bajas en lactosa y leches enriquecidas en minerales y vitaminas hidrosolubles, como hierro, vitaminas del grupo B o ácido fólico).

Con la aplicación de los criterios citados fueron seleccionadas 14 marcas comerciales de leche convencional UHT de vaca y, en una segunda fase, se planificó la recogida mensual de los *briks* de cada variedad de leche de las marcas seleccionadas, 41 envases mensuales en total (14 de leche entera, 14 de semidesnatada y 13 de desnatada [por no existir distribución de la variedad desnatada de una de las marcas seleccionadas]).

La compra de los *briks* de leche se llevó a cabo en la tercera o cuarta semana de cada mes y se registraron el código correspondiente a la planta de envasado de cada uno de ellos, así como la fecha límite de consumo preferente. Las muestras de leche se almacenaron congeladas a -20°C en envases de polipropileno.

Métodos

La determinación del contenido de yodo de las muestras de leche se realizó en el Laboratorio Normativo de Salud Pública del Departamento de Sanidad del Gobierno Vasco, en Bilbao, mediante cromatografía líquida de alta resolución (*High Performance Liquid Chromatography*) en fase reversa usando par iónico y detección electroquímica con electrodo de plata, según el método oficial 992.22 de la *Association of Official Analytical Chemists International (AOAC International)*³⁷. Dicho método es aplicable para la determinación de yoduros en las leches líquidas y en las leches en polvo³⁷. Rango de medida: desde 20 $\mu\text{g/L}$ hasta 200 $\mu\text{g/L}$. Límite de detección: 5 $\mu\text{g/L}$. Precisión intra- e interserial: 4,5 y 7,9%, respectivamente.

Análisis estadístico

Por no seguir los valores de las CC YY en la leche una distribución normal, sus medidas de tendencia central y de dispersión se expresan mediante medianas e intervalos intercuartílicos (percentiles 25 y 75). Para el análisis de las

Tabla 1 Denominaciones de venta, tipo de marca y localización de las plantas de envasado de la leche convencional UHT de vaca

Denominación de venta	Tipo de marca	Localización de las plantas de envasado ^a	
		Región (zona)	Estado
Aloña entera	Blanca (Eroski)	Comunidad autónoma del País Vasco (Gipuzkoa)	España
Aloña semidesnatada	Blanca (Eroski)	Comunidad autónoma del País Vasco (Gipuzkoa)	España
Aloña desnatada	Blanca (Eroski)	Comunidad autónoma del País Vasco (Gipuzkoa)	España
Bomilk entera	Blanca (Eroski)	Galicia (Coruña, Lugo) y Aquitania (Pirineos Atlánticos)	España y Francia
Bomilk semidesnatada	Blanca (Eroski)	Galicia (Lugo) y Aquitania (Pirineos Atlánticos)	España y Francia
Bomilk desnatada	Blanca (Eroski)	Galicia (Lugo) y Aquitania (Pirineos Atlánticos)	España y Francia
Carrefour entera	Blanca (Carrefour)	Galicia (Lugo)	España
Carrefour semidesnatada	Blanca (Carrefour)	Galicia (Lugo)	España
Carrefour desnatada	Blanca (Carrefour)	Galicia (Lugo)	España
Celta entera	De fabricante	Castilla-León (Ávila) y Galicia (Coruña, Lugo)	España
Celta semidesnatada	De fabricante	Castilla-León (Ávila) y Galicia (Coruña, Lugo)	España
Celta desnatada	De fabricante	Castilla-León (Ávila) y Galicia (Coruña, Lugo)	España
Central Lechera Asturiana entera	De fabricante	Asturias, Cataluña (Girona) y Galicia (Lugo)	España
Central Lechera Asturiana semidesnatada	De fabricante	Asturias, Cataluña (Girona) y Galicia (Lugo)	España
Central Lechera Asturiana desnatada	De fabricante	Asturias, Cataluña (Girona) y Galicia (Lugo)	España
Délisse entera	Blanca (E. Leclerc)	Aquitania (Pirineos Atlánticos), Bretaña (Ille y Vilaine) y Midi-Pirineos (Tarn y Garona)	Francia
Délisse semidesnatada	Blanca (E. Leclerc)	Aquitania (Pirineos Atlánticos), Bretaña (Ille y Vilaine), Midi-Pirineos (Tarn y Garona) y Picardía (Oise)	Francia
Délisse desnatada	Blanca (E. Leclerc)	Aquitania (Pirineos Atlánticos), Bretaña (Ille y Vilaine) y Midi-Pirineos (Tarn y Garona)	Francia
Dia entera	Blanca (Dia)	Galicia (Lugo) y Aquitania (Pirineos Atlánticos)	España y Francia
Dia semidesnatada	Blanca (Dia)	Castilla-León (Valladolid), Galicia (Coruña, Lugo), Madrid y Aquitania (Pirineos Atlánticos)	España y Francia
Dia desnatada	Blanca (Dia)	Aquitania (Pirineos Atlánticos)	Francia
El Corte Inglés entera	Blanca (Corte Inglés)	Asturias	España
El Corte Inglés semidesnatada	Blanca (Corte Inglés)	Asturias	España
El Corte Inglés desnatada	Blanca (Corte Inglés)	Asturias	España
Eroski entera	Blanca (Eroski)	Cantabria y Galicia (Coruña)	España
Eroski semidesnatada	Blanca (Eroski)	Cantabria y Galicia (Coruña)	España
Eroski desnatada	Blanca (Eroski)	Cantabria y Galicia (Coruña)	España
Kaiku entera	De fabricante	Comunidad autónoma del País Vasco (Gipuzkoa)	España
Kaiku semidesnatada	De fabricante	Comunidad autónoma del País Vasco (Gipuzkoa)	España
Kaiku desnatada	De fabricante	Comunidad autónoma del País Vasco (Gipuzkoa)	España
Milbona entera	Blanca (Lidl)	Renania-Palatinado (Eifelkreis Bitburg-Prüm)	Alemania
Milbona semidesnatada	Blanca (Lidl)	Renania-Palatinado (Eifelkreis Bitburg-Prüm)	Alemania
Pascual entera	De fabricante	Castilla-León (Burgos), Cataluña (Barcelona) y Galicia (Lugo)	España
Pascual semidesnatada	De fabricante	Castilla-León (Burgos), Cataluña (Barcelona) y Galicia (Lugo)	España
Pascual desnatada	De fabricante	Cataluña (Barcelona) y Galicia (Lugo)	España
Président entera	De fabricante	Galicia (Lugo)	España
Président semidesnatada	De fabricante	Galicia (Lugo)	España
Président desnatada	De fabricante	Galicia (Lugo)	España
Ram entera	De fabricante	Galicia (Coruña)	España
Ram semidesnatada	De fabricante	Galicia (Coruña)	España
Ram desnatada	De fabricante	Galicia (Coruña)	España

Leche UHT: leche ultrapasteurizada (*Ultra-High Temperature processed milk*).

^a El envasado de cada variedad de leche (entera, semidesnatada o desnatada) se hizo a lo largo del año en plantas localizadas en una única comunidad autónoma o región europea (en Asturias, Galicia, País Vasco o Eifelkreis Bitburg-Prüm) o en plantas localizadas en 2 o más comunidades autónomas o regiones europeas (en Asturias, Cantabria, Castilla y León, Cataluña, Galicia, Madrid, Aquitania, Bretaña, Midi-Pirineos o Picardía, variable según los meses del año).

diferencias entre las CC YY de los distintos grupos sometidos a comparación, tras considerar los tamaños muestrales y comprobar las condiciones de normalidad y de homocedasticidad, se utilizaron pruebas no paramétricas (el test de la U de Mann-Whitney para la comparación de 2 medianas y el de Kruskal-Wallis para la comparación de más de 2 medianas).

Los datos se procesaron y analizaron mediante los programas Microsoft Excel 2013 (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, EE. UU.) e IBM SPSS Statistics versión 25.0 para Windows (IBM Corporation, Armonk, Nueva York, EE. UU.). El nivel de significación estadística se estableció en $p < 0,05$.

Resultados

Número de muestras y fecha de consumo preferente

Se obtuvieron 489 muestras de leche convencional UHT de vaca de las 492 programadas. No se pudieron conseguir 3 de las muestras programadas debido a la falta de existencias de las variedades requeridas en el momento establecido para su recogida. En la [tabla 1](#) se muestran las denominaciones de venta, el tipo de marca comercial y la localización de las plantas de envasado de las muestras de leche estudiadas. El tiempo medio disponible desde la fecha de la compra hasta la fecha límite de consumo preferente varió entre 14 y 146 días, con una media de 75,7 (22,8) días.

Variaciones en el contenido de yodo (yoduro) de la leche convencional UHT de vaca a lo largo del año

La mediana de la CY fue de 190 $\mu\text{g/L}$ (159-235). No hubo diferencias significativas entre la CY de la leche entera, la semidesnatada y la desnatada ($p = 0,219$).

En la [figura 1](#) se puede apreciar cómo la CY de la leche convencional UHT de vaca no fue constante a lo largo del

año, sino que experimentó grandes variaciones, alcanzando valores máximos (superiores a 200 $\mu\text{g/L}$) desde enero hasta mayo, mínimos (inferiores a 175 $\mu\text{g/L}$) desde julio hasta noviembre e intermedios (entre 175 $\mu\text{g/L}$ y 200 $\mu\text{g/L}$) en junio y en diciembre. La mediana de la CY de las muestras correspondientes al período enero-mayo ($n = 205$) fue de 241 $\mu\text{g/L}$ (201-272), casi un 50% superior a la de las muestras del período julio-noviembre ($n = 203$), durante el que la mediana cayó hasta los 162 $\mu\text{g/L}$ (134-185) ($p < 0,0001$). Las medianas de la CY en junio ($n = 40$) y en diciembre ($n = 41$) fueron de 192 $\mu\text{g/L}$ (173-217) y 181 $\mu\text{g/L}$ (151-202) respectivamente.

Diferencias en el contenido de yodo (yoduro) de la leche convencional UHT de vaca según la localización geográfica de las plantas de envasado

Tal y como se puede observar en la [tabla 1](#), la localización de las plantas de envasado de las marcas comerciales de leche convencional UHT seleccionadas se extendió por 12 zonas situadas en 3 estados de la Unión Europea, Alemania (un distrito administrativo de un estado federado [Renania-Palatinado]), España (7 comunidades autónomas [Asturias, Cantabria, Castilla y León, Cataluña, Galicia, Madrid y País Vasco] y Francia (4 regiones [Aquitania, Bretaña, Midi-Pirineos y Picardía]). No se contabiliza un cuarto estado, Portugal, de donde procedió solamente una de las muestras de leche (0,2%). Excluida la muestra de Portugal, el 4,7% de las muestras se envasó a lo largo del año en Alemania, el 73,8% en España y el 9,4% en Francia; el 12,1% restante fueron muestras de 2 marcas blancas cuyo envasado se realizó algunos meses del año en plantas situadas en España y los otros meses en plantas localizadas en Francia.

La CY fue significativamente diferente según el estado de la Unión Europea en el que tuvo lugar el envasado de la leche ([tabla 2](#)). La mediana de la CY de la leche envasada en Alemania, 119 $\mu\text{g/L}$, fue mucho menor que

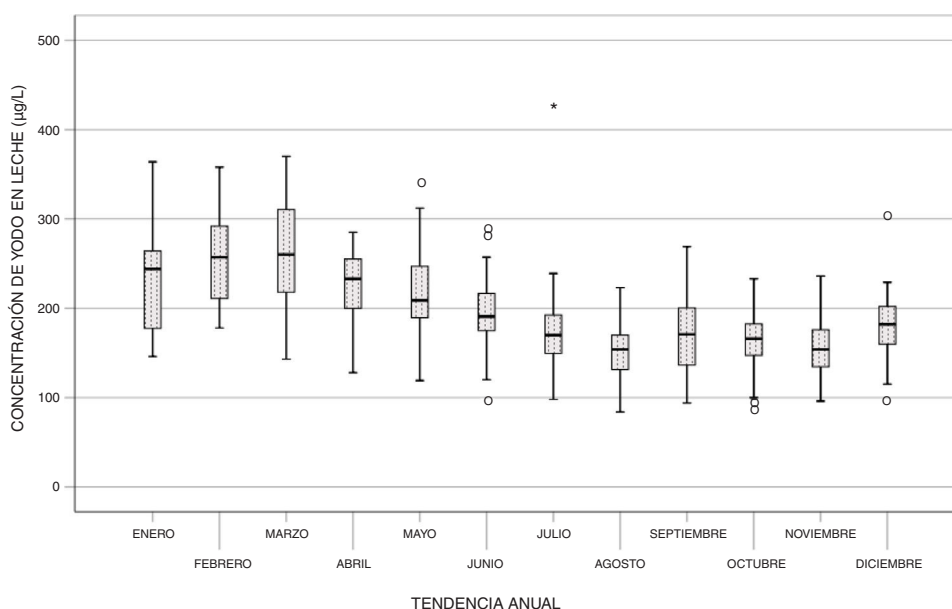


Figura 1 Variaciones de la concentración de yodo (yoduro) en la leche convencional UHT de vaca a lo largo del año.

Tabla 2 Concentración de yodo en la leche convencional UHT de vaca según el estado de la Unión Europea en el que se realizó el envasado

Localización de las plantas de envasado ^a		Concentración de yodo (yoduro) ($\mu\text{g/L}$)			
Estado	Región	n	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅
Alemania	Renania-Palatinado	23	106	119*	156
España	Asturias, Cantabria, Castilla y León, Cataluña, Galicia y País Vasco	360	159	189*	229
Francia	Aquitania, Bretaña, Midi-Pirineos y Picardía	46	176	205*	243
España y Francia	Galicia, Castilla-León, Madrid y Aquitania	59	184	210*	276

Leche UHT: leche ultrapasteurizada (*Ultra-High Temperature processed milk*).

^a Todo el envasado de cada variedad de leche se hizo a lo largo del año en plantas localizadas en un único estado (Alemania, España o Francia) o en plantas localizadas en 2 estados, España y Francia (algunos meses se envasó en España [en Galicia, Castilla y León o Madrid] y otros meses el envasado se hizo en Francia [en Aquitania]).

* $p < 0,0001$.

la de las leches envasadas en España y en Francia, que alcanzaron cifras de 189 $\mu\text{g/L}$ y 205 $\mu\text{g/L}$, respectivamente ($p < 0,0001$). Las medianas de la CY en las leches entera ($n = 12$) y semidesnatada ($n = 11$) envasadas en Alemania fueron 117 $\mu\text{g/L}$ (101-156) y 125 $\mu\text{g/L}$ (108-149), respectivamente. Las medianas de la CY en las leches entera ($n = 120$), semidesnatada ($n = 120$) y desnatada ($n = 120$) envasadas en España fueron 187 $\mu\text{g/L}$ (158-224), 189 $\mu\text{g/L}$ (156-228) y 189 $\mu\text{g/L}$ (163-232), respectivamente. Y las medianas de la CY en las leches entera ($n = 12$), semidesnatada ($n = 11$) y desnatada ($n = 23$) envasadas en Francia fueron 201 $\mu\text{g/L}$ (165-231), 189 $\mu\text{g/L}$ (174-243) y 215 $\mu\text{g/L}$ (188-251), respectivamente.

La CY también varió entre las comunidades autónomas en las que tuvo lugar el envasado de la leche (tabla 3). La CY de la leche envasada en las plantas de Galicia fue significativamente mayor que la de la leche envasada en Asturias y en el País Vasco. Sin embargo, la CY en la leche de Galicia fue muy diferente según la provincia en la que fue envasada. La mediana de la CY de la leche envasada en Lugo fue mayor que la de la leche envasada en Coruña, 218 $\mu\text{g/L}$ frente a 169 $\mu\text{g/L}$ ($p = 0,005$). Por su parte, la mediana de la CY de la leche envasada en Coruña fue comparable a las envasadas en Asturias y en el País Vasco ($p = 0,539$).

Discusión

La CY en la leche de vaca depende de varios factores, entre los que destacan la cantidad de yodo y de sustancias antagonistas del yodo (derivadas de los glucosinolatos) presentes en los componentes de la alimentación, el método de producción de la leche (convencional u orgánico), la época del año (meses fríos o meses templados y cálidos) y la utilización de antisépticos yodados (yodóforos) para la higiene de los pezones de las vacas y para la desinfección de las ordeñadoras y de los equipos de la industria láctea, pero el principal de todos ellos es la utilización de piensos y suplementos yodados^{9-13,38}. En cuanto al posible efecto de la ultrapasteurización sobre la CY de la leche, recientemente se estudió el contenido de yodo en 8 lotes de leche antes y después de su tratamiento térmico mediante UHT, observándose que dicho procedimiento no inducía cambios en la CY de la leche³⁵.

Las concentraciones medias de yodo en la leche fueron menores de 55 $\mu\text{g/L}$ en la mayoría de los estudios que se llevaron a cabo en varias regiones europeas antes de la instauración de las medidas de profilaxis con yodo en el ganado vacuno, predominando las comprendidas entre los 10 y los 40 $\mu\text{g/L}$ ^{11,32,39,40}. La leche convencional de vaca se produce en régimen de ganadería intensiva, en el que se suelen utilizar aditivos nutricionales (incluido el yodo) para conservar la salud de los animales. Una gran diversidad de prácticas agrícolas y ganaderas, especialmente las relacionadas con las cantidades de yodo utilizadas para la suplementación de los piensos y con la utilización de yodóforos, da lugar a importantes diferencias regionales en la CY de la leche. En la actualidad, la CY de la leche convencional de la mayoría de las áreas geográficas de Europa en las que se han llevado a cabo estudios al respecto se halla comprendida entre los 100 y los 300 $\mu\text{g/L}$ ¹⁷.

El método oficial 992.22 de la AOAC *International* permite la recuperación del 87% del contenido total de yodo de las leches líquidas³⁷. Teniendo en cuenta que la mediana de la concentración de yoduro de las marcas comerciales de leche convencional UHT seleccionadas fue de 190 $\mu\text{g/L}$, el contenido total de yodo de las mismas vendría a ser de alrededor de 218 $\mu\text{g/L}$. Un vaso de leche convencional UHT (200-250 mL) envasada en España o en Francia contiene unos 50 μg de yodo.

En un estudio realizado también en el mismo año que el nuestro, Soriguer et al. analizaron la CY en 362 muestras de leche de vaca de 47 marcas comerciales compradas en Andalucía, Asturias, Cataluña, Galicia, Comunidad Valenciana y País Vasco y hallaron una concentración media de yodo de 259 (58) $\mu\text{g/L}$ ³⁰. Además de las diferencias debidas a la utilización de marcas comerciales distintas de leche y de una técnica diferente de laboratorio para el análisis de las muestras (método modificado de Benotti y Benotti), es probable que una parte significativa de las diferencias halladas en la CY entre el estudio llevado a cabo por dicho grupo de trabajo y el nuestro obedezca a las distintas sistemáticas utilizadas para la recogida de las muestras de leche (número de muestras en cada momento del año). Soriguer et al. recogieron las muestras de leche en 7 ocasiones a lo largo del año, acumulándose el 80,1% de las muestras en el período de tiempo comprendido entre febrero y junio, durante el que las CC YY fueron las más altas de su estudio. En nuestro caso, los

Tabla 3 Concentración de yodo en la leche convencional UHT de vaca según las comunidades autónomas (CC AA) en las que se realizó el envasado

Localización de las plantas de envasado ^a	Concentración de yodo (yoduro) ($\mu\text{g/L}$)			
	n	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅
Asturias	36	158	180 †	204
Galicia	108	171	214,5 †	256
País Vasco	72	153	169,5 †	195
En 2 o más CC AA (Asturias, Cantabria, Castilla y León, Cataluña, Galicia)	144	160	191 †	234

Leche UHT: leche ultrapasteurizada (*Ultra-High Temperature processed milk*).

^a Todo el envasado de una variedad determinada de leche (entera, semidesnatada o desnatada) se hizo a lo largo del año en plantas localizadas en una única comunidad autónoma (en Asturias, Galicia o País Vasco) o en plantas localizadas en 2 o más CC AA (en Asturias, Cantabria, Castilla y León, Cataluña y Galicia, variables a lo largo del año).

* $p < 0,0001$.

envases de leche convencional UHT seleccionados se compraron todos los meses durante los 12 meses del año con el fin de conocer el contenido medio ponderado de yodo durante todo el año.

En el marco de un estudio sobre yodo en la dieta total en Cataluña llevado a cabo por la *Agència Catalana de Seguretat Alimentària* (ACSA)⁴¹ se compraron 144 envases de leche convencional UHT de vaca en el mes de julio de 2015 para analizar su contenido de yodo (3 envases individuales de cada una de las variedades de leche según su contenido graso [leche entera, semidesnatada y desnatada] de 16 marcas comerciales). En su informe, la ACSA no indica la localización geográfica de las plantas en las que fueron envasadas las marcas comerciales de leche que seleccionaron para el estudio. Para analizar la CY se utilizó la espectrometría de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo (*Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*, ICP-MS). El valor de la mediana de la CY en el mes de julio fue de 157 $\mu\text{g/L}$ (137-170). En Cataluña no se dispone de información sobre los valores de la CY durante todo el año en la leche convencional UHT.

Se dispone de abundante documentación científica sobre los cambios que experimenta la CY durante los meses fríos y los meses templados y cálidos en la leche de las vacas suplementadas con yodo^{12,13,18-36}. Sin embargo, son muy pocas las publicaciones que ofrecen información sobre la CY de la leche convencional de vaca durante al menos 12 meses consecutivos^{18,20,23,29,35,36}, y ninguna de estas proporciona datos sobre CY en leche UHT dispuesta para su venta en comercios de alimentación. Se trata de estudios en los que la leche se recolectó en granjas o cooperativas lecheras (leche cruda) y en industrias lácteas (leche pasteurizada y leche UHT) muy poco tiempo después de haber sido producida por las vacas^{18,20,23,29,35,36}. Las CC YY fueron mayores desde noviembre hasta abril^{18,20,23} o mayo^{35,36} y menores desde mayo^{18,20,23} o junio^{35,36} hasta octubre. Estas diferencias en las CC YY podrían deberse principalmente 2 factores: las variaciones en el inicio y en el final de los períodos de alojamiento y alimentación de las vacas en espacios interiores y exteriores, los cuales dependen de la climatología de cada zona geográfica²¹, y los patrones del parto, que determinan en qué momento del año se aplican las formulaciones nutricionales propias del embarazo y de la lactancia

a las vacas^{12,36}. Por ejemplo, en Suiza nacen más terneros de noviembre a enero¹², pero en Irlanda y en el Reino Unido la mayoría de los partos suelen producirse de febrero a abril³⁶.

El tiempo que transcurre entre la fecha del tratamiento térmico de la leche mediante UHT y la fecha en la que se compra en el mercado minorista puede llegar a ser largo, por tratarse de un producto con una vida útil prolongada (varios meses). En la leche convencional UHT comprada en el mercado minorista de Vitoria-Gasteiz también hubo 2 períodos diferentes con respecto a las CC YY a lo largo del año, pero el inicio y el final de los períodos con las mayores CC YY y el inicio y el final de los períodos con las menores CC YY tuvieron lugar entre uno y 2 meses más tarde que los descritos en la literatura para la leche convencional de vaca recién producida.

La leche con la menor CY fue la envasada en el distrito de Eifelkreis Bitburg-Prüm del estado federado de Renania-Palatinado, Alemania. El valor de la CY de la leche proveniente de esta región, 119 $\mu\text{g/L}$, es bastante cercano a los hallados en los estudios realizados con sistemáticas de muestreo y métodos de análisis diferentes en otros estados federados de Alemania^{23,31,42}. Preiss et al. recogieron mensualmente durante un año un total de 370 muestras de leche de consumo producida en Baviera²³. No hay información sobre si se trataba de leche convencional u orgánica. El contenido medio de yodo fue de 115 $\mu\text{g/L}$ (método de análisis: cromatografía de gases). Johner et al. estudiaron la CY en 112 muestras de leche (84 convencionales y 28 orgánicas) que compraron en los mismos supermercados en la región de Dortmund, Renania del Norte-Westfalia, desde 2004 hasta 2010³¹. El contenido medio de yodo fue de 98 (34) $\mu\text{g/L}$ y la CY de la leche convencional fue significativamente mayor que la de la leche orgánica, 112 (23) $\mu\text{g/L}$ frente a 58 (28) $\mu\text{g/L}$ (método de análisis: Sandell-Kolthoff). Por su parte, Köhler et al. estudiaron la CY en 135 envases de leche (73 de producción convencional y 62 de producción orgánica) que compraron en el estado federado de Turingia en los mismos supermercados y tiendas de comestibles desde 2007 hasta 2011⁴². El contenido medio de yodo fue de 122 (36,8) $\mu\text{g/L}$ y la CY fue significativamente mayor en la leche convencional que en la leche orgánica, 143 $\mu\text{g/L}$ frente a 92 $\mu\text{g/L}$ (método de análisis: ICP-MS).

Se han publicado pocos estudios sobre CY en las leches convencionales UHT producidas en Francia y la información actualizada disponible al respecto es muy escasa e incompleta. Los contenidos de yoduro encontrados por nuestro grupo de trabajo en las muestras de leche convencional UHT procedentes de plantas de envasado situadas en territorio francés son mayores que los que se indican en la tabla de composición nutricional de los alimentos elaborada por la *Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail* (ANSES) y el *Centre Informatique sur la Qualité des Aliments* (CIQUAL)⁴³. Las concentraciones medias de yodo que figuran en la versión más reciente de dichas tablas son «menos de 20 µg/100 g» en la leche entera UHT (mínimo 12,5; máximo 37,1), «12,1 µg/100 g» en la leche semidesnatada UHT (mínimo 2; máximo 27,2) y «13,5 µg/100 g» en la leche desnatada UHT (mínimo 2; máximo 27). En nuestro estudio, las concentraciones de yoduro en las leches entera (n = 12), semidesnatada (n = 11) y desnatada (n = 23) fueron 201 µg/L (mínimo 113; máximo 291), 189 µg/L (mínimo 107; máximo 275) y 215 µg/L (mínimo 94; máximo 287), respectivamente. Equivalencia entre gramos y mililitros de leche: 1 g de leche = 0,969 mL de leche.

La información disponible sobre la CY en leche convencional UHT producida en áreas geográficas españolas es muy limitada. En el marco de un estudio realizado en el noroeste de España sobre la concentración de elementos traza esenciales y elementos tóxicos en las leches de producción orgánica y convencional, también se determinó el contenido de yodo en la leche convencional UHT de 5 marcas comerciales producidas en dicha zona y compradas durante el invierno⁴⁴. La concentración media de yodo fue de 265 µg/L (método de análisis: ICP-MS). Aunque se trata de un resultado que debe ser visto con mucha cautela debido al pequeño número de muestras analizadas, es bastante cercano al hallado por nuestro grupo de trabajo. En nuestro caso, la mediana de las concentraciones de yoduro de la leche convencional UHT envasada en Asturias y Galicia en invierno (n = 36) fue de 245 µg/L (210-280).

Implicaciones para los estudios epidemiológicos sobre estado de nutrición de yodo en niños en edad escolar y en mujeres gestantes

El indicador más útil para estimar el estado de nutrición de yodo en las colectividades es la mediana de las CC YY urinario (mCYU) de la población estudiada^{45,46}. El consumo de leche convencional de vaca es el único factor conocido que ha podido ser asociado con variaciones en las excreciones urinarias de yodo a lo largo del año (mayores CC YY en la orina en invierno que en verano) en niños y, en menor grado, en adultos^{18,47-50}. La variación estacional en la excreción urinaria de yodo también ha sido descrita recientemente en mujeres gestantes^{51,52}.

La secuencia temporal de las variaciones que tuvieron lugar a lo largo del año en las CC YY en la leche convencional UHT en nuestro estudio puede ayudar a explicar en parte las grandes variaciones que se observaron a lo largo del año en las CC YY en la orina de los niños en edad escolar (6-14 años de edad) que participaron en la «Encuesta de Nutrición 2005: Hábitos alimentarios y estado de salud de la población vasca

de 4 a 18 años» realizada en la comunidad autónoma del País Vasco por la Dirección de Salud Pública del Departamento de Sanidad del Gobierno Vasco⁵³. Las muestras casuales de orina (n=657) para valorar el estado de nutrición de yodo del colectivo se recogieron a lo largo de 12 meses, entre el 1 de marzo de 2004 y el 28 de febrero de 2005 y las determinaciones de la concentración de yodo en la orina se hicieron mediante cromatografía líquida de alta resolución con detección electroquímica. El valor de la mCYU durante el período de máximas CC YY en la orina (noviembre-enero; n = 133) fue un 75% mayor que el de la mCYU durante el período de mínimas CC YY en la orina (junio-septiembre; n = 170), 217 µg/L frente a 124 µg/L. Estas variaciones de las CC YY en la orina durante el año reflejan unas ingestas también variables de yodo a lo largo del año y el patrón anual de la excreción urinaria de yodo orienta hacia el consumo de leche de vacas alimentadas con piensos yodados y de derivados lácteos ricos en yodo elaborados con esas leches como factor responsable principal del fenómeno.

En la figura 2 se muestran las variaciones de las CC YY en la leche convencional UHT de vaca y en la orina de los escolares de la comunidad autónoma del País Vasco a lo largo de 12 meses estratificados en 4 trimestres. Agrupar por trimestres los valores de las CC YY en la orina permite alcanzar tamaños muestrales que posibilitan hacer las estimaciones del estado de nutrición de yodo en cada uno de los estratos con una precisión de ± 10% dentro de un intervalo de confianza del 95%⁵⁴.

Hubo un adelanto en el comienzo de las temporadas de mayores y menores CC YY en la orina de los escolares con respecto a las de la leche UHT. El comienzo de la temporada de mayores CC YY en la orina de los escolares tuvo lugar en el mes de noviembre, mientras que en la leche convencional UHT sucedió más tarde, en diciembre-enero. El comienzo de la temporada de menores CC YY en la orina de los escolares tuvo lugar en junio, mientras que en la leche convencional UHT ocurrió algo más tarde, en junio-julio. Parte del adelanto en la secuencia temporal de las variaciones que experimentan las CC YY en la orina de los escolares con respecto a las que se observan en la leche UHT podría ser debido a los efectos producidos por el consumo de yogur sobre las CC YY en la orina. Los yogures se elaboran con leche pasteurizada y deben consumirse en fechas bastante cercanas a las de la producción de la leche por las vacas. Por el contrario, el consumo de leche UHT puede tener lugar bastante tiempo después de haber sido producida por las vacas, razón por la que su efecto sobre las CC YY en la orina de los escolares puede demorarse considerablemente con respecto al de los yogures. Los niños de 6-14 años de edad del País Vasco consumen una media de 483 (184) g diarios de leche y lácteos, destacando la ingesta de leche, con 307 (161) g/día, y la de yogur, con 118 (99) g/día⁵³.

El valor de la mCYU durante la primavera en los escolares de la comunidad autónoma del País Vasco, 152 µg/L, se halla muy próximo al de la mCYU de todo el año, 147 µg/L. A la espera de que este hallazgo sea corroborado en otros lugares, parece razonable que la recogida de las muestras casuales de orina durante los estudios epidemiológicos que busquen evaluar el estado de nutrición de yodo en los escolares que residen en áreas geográficas en las que la leche convencional UHT es la más consumida se lleve a cabo durante la primavera. Este planteamiento no es aplicable

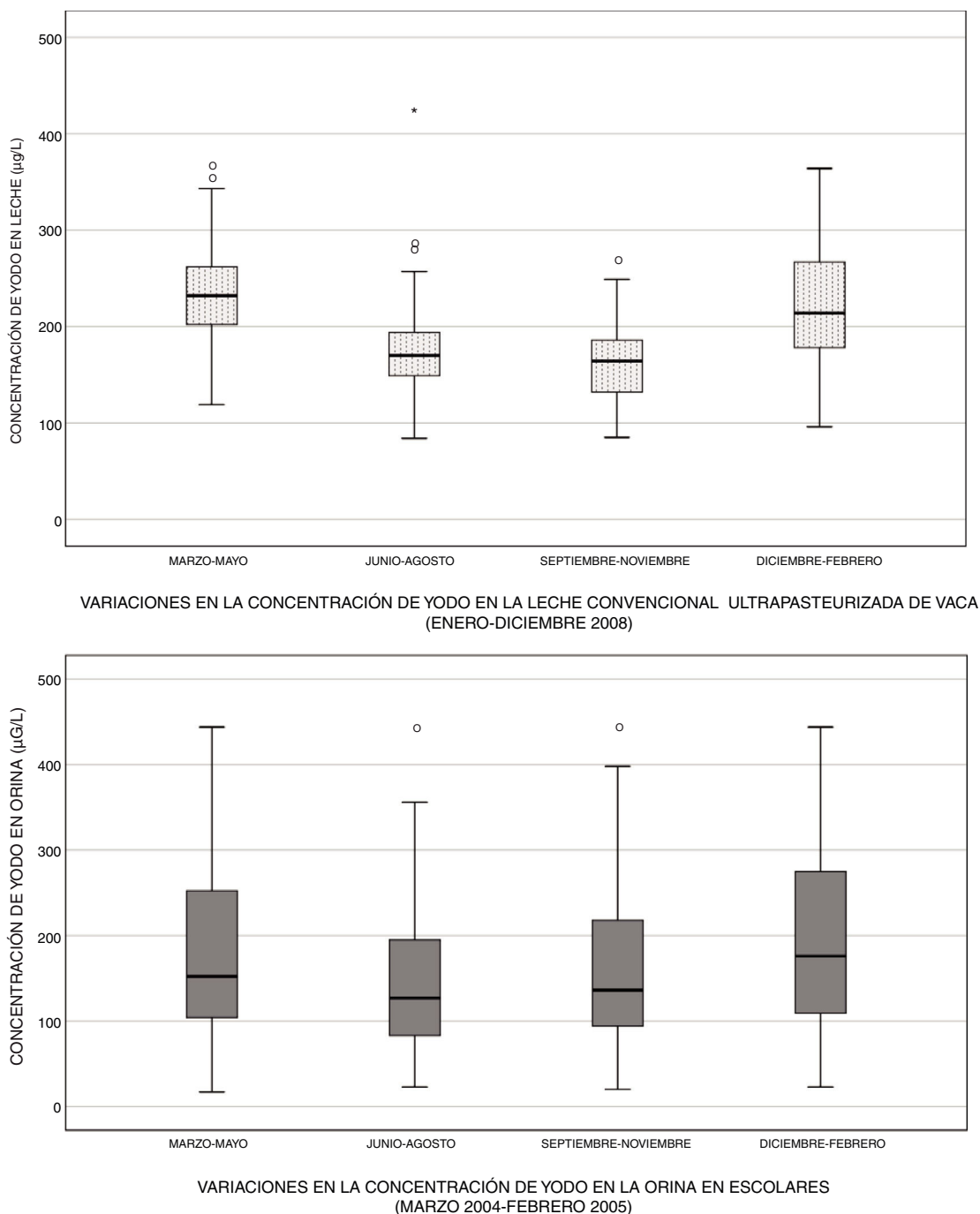


Figura 2 Variaciones de la concentración de yodo (yoduro) en la leche convencional UHT de vaca y en la orina de los escolares de 6-14 años de edad de la comunidad autónoma del País Vasco.

para el otro segmento de la población especialmente indicado para la realización de estudios epidemiológicos sobre estado de nutrición de yodo, el de las mujeres gestantes, porque el reclutamiento de participantes en los centros sanitarios con programas de control de embarazo se suele hacer durante todo el año.

Un reto muy importante de cara al futuro es conseguir que la leche sea una fuente alimentaria lo más estable posible de yodo. Para reducir las variaciones de la CY en la leche es preciso, sobre todo, controlar cuidadosamente la ingesta

de yodo de las vacas, pero también la utilización de los desinfectantes que contienen yodo y que se usan para la higiene de los pezones y para la desinfección de las ordeñadoras y de los equipos de la industria láctea, aunque lo mejor sería sustituirlos por antisépticos que no contengan yodo^{12,18,35,38}. La cantidad de yodo suplementario debe ser suficiente para contrarrestar los efectos de las sustancias antagonistas del yodo presentes en los piensos y en los pastos. Por otra parte, resulta fundamental que las vacas ingieran las cantidades necesarias de yodo con regularidad durante todo el año,

pero conseguir que las CC YY sean estables en la leche convencional a lo largo del año cuando las vacas alternan alojamiento y alimentación en interiores durante los meses fríos y en el exterior en régimen de pastoreo durante los meses templados y cálidos no es una tarea sencilla. La temporada más crítica para que las vacas ingieran las cantidades necesarias de yodo es la de pastoreo, circunstancia en la que resulta difícil controlar de forma estrecha su alimentación. Con el fin de optimizar la ingesta de la alimentación complementaria que les corresponde durante la temporada de pastoreo, es fundamental planificar cuidadosamente los momentos y los tiempos de estancia de las vacas en los puestos de estabulación habilitados en las parcelas para efectuar los ordeños y para proporcionarles la alimentación complementaria.

Conclusiones

La leche convencional UHT de vaca disponible en nuestros comercios de alimentación procedió mayoritariamente de plantas de envasado situadas en Francia y, sobre todo, en España. Se trata de una fuente alimentaria muy importante de yodo: un vaso de leche convencional UHT (200-250 mL) envasada en España o en Francia contiene unos 50 µg de yodo. Sin embargo, el contenido de yodo de la leche convencional UHT de vaca es altamente variable a lo largo del año.

Conocer el patrón que sigue la CY en la leche a lo largo del año resulta de gran interés para la planificación de los estudios epidemiológicos sobre el estado de nutrición de yodo y para la interpretación de los resultados obtenidos. La recogida de las muestras casuales de orina durante los estudios epidemiológicos en los que se quiere evaluar el estado de nutrición de yodo en los escolares que residen en áreas geográficas en las que la leche convencional UHT es la más consumida se debería llevar a cabo durante la primavera, por ser esta la temporada del año en la que el valor de la mCYU de los escolares coincide prácticamente con el valor de la mCYU de todo el año.

Financiación

Este trabajo fue financiado completamente a través del Programa de Ayudas para Proyectos de Investigación de la Obra Social (Gizarte Ekintza) de Caja Vital/Vital Kutxa-Kutxabank (Proyecto VITAL07-003, «Fluctuaciones estacionales de la concentración de yodo en la leche de vaca»).

Conflicto de intereses

Ninguno.

Bibliografía

- Food and Nutrition Board. Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Washington, DC: National Academy Press; 2001. p. 258-89.
- De la Vieja A, Santisteban P. Role of iodide metabolism in physiology and cancer. *Endocr Relat Cancer*. 2018;25:R225-45.
- Fuge R, Johnson CC. Iodine and human health, the role of environmental geochemistry and diet, a review. *Appl Geochem*. 2015;63:282-302.
- Muramatsu Y, Yoshida S, Fehn U, Amachi S, Ohmomo Y. Studies with natural and anthropogenic iodine isotopes: Iodine distribution and cycling in the global environment. *J Environ Radioact*. 2004;74:221-32.
- Hetzel BS. Iodine deficiency disorders (IDD) and their eradication. *Lancet*. 1983;2:1126-9.
- Zimmermann MB, Jooste PL, Pandav CS. Iodine-deficiency disorders. *Lancet*. 2008;372:1251-62.
- World Health Organization, United Nations Children's Fund, International Council for Control Iodine Deficiency Disorders. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. A guide for programme managers, 3rd edition. Geneva: World Health Organization; 2007.
- Pandav CS, Rao AR. Iodine deficiency disorders in livestock: Ecology and economics. New Dehli: Oxford University Press; 1997.
- European Food Safety Authority Scientific Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed. Opinion of the Scientific Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed on the request from the Commission on the use of iodine in feedingstuffs. *EFSA Journal*. 2005;168:1-42. doi: 10.2903/j.efsa.2005.168 [consultado 2 Abr 2019]. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2005.168/epdf>.
- Flachowsky G, Franke K, Meyer U, Leiterer M, Schöne F. Influencing factors on iodine content of cow milk. *Eur J Nutr*. 2014;53:351-65.
- Schöne F, Spörl K, Leiterer M. Iodine in the feed cows and in the milk with a view to the consumer's iodine supply. *J Trace Elem Med Biol*. 2017;39:202-9.
- Van der Reijden OL, Galetti V, Hulmann M, Krzystek A, Haldimann M, Schlegel P, et al. The main determinants of iodine in cows' milk in Switzerland are farm type, season and teat dipping. *Br J Nutr*. 2018;119:559-69.
- Food Standards Agency. Retail survey of iodine in UK produced dairy foods. Food Survey Information Sheet FSIS 02/08, 16 June 2008 [consultado 2 Abr 2019]. Disponible en: <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20120403173133/http://www.food.gov.uk/science/surveillance/fsisbranch2008/fsis0208>.
- Laurberg P, Andersen S, Knudsen N, Ovesen L, Nøhr SB, Bülow Pedersen I. Thiocyanate in food and iodine in milk: From domestic animal feeding to improved understanding of cretinism. *Thyroid*. 2002;12:897-902.
- Flachowsky G, Halle I, Schultz AS, Wagner H, Dänicke S. Long term study on the effects of iodine sources and levels without and with rapeseed cake in the diet on the performance and the iodine transfer into body tissues and eggs of laying hens of two breeds. *Landbauforsch Appl Agric Forestry Res*. 2017;67:129-40.
- Arrizabalaga JJ, Jalón M, Espada M, Cañas M, Latorre PM. Iodine concentration in the ultra-high temperature pasteurized cow's milk. Applications in clinical practice and in community nutrition. *Med Clin (Barc)*. 2015;145:55-61.
- Van der Reijden OL, Zimmermann MB, Galetti V. Iodine in dairy milk: Sources, concentrations and importance to human health. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*. 2017;31:385-95.
- Broadhead GD, Pearson IB, Wilson GM. Seasonal changes in iodine metabolism. *Br Med J*. 1965;1:343-8.
- Aumont G, le Querrec F, Lamand M, Tressol JC. Iodine content of dairy milk in France in 1983 and 1984. *J Food Protec*. 1987;50:490-3.
- Phillips DIW, Nelson M, Barker DJP, Morris JA, Wood TJ. Iodine in milk and the incidence of thyrotoxicosis in England. *Clin Endocrinol*. 1988;28:61-6.

21. Pennington JAT. Iodine concentrations in US milk: Variation due to time, season, and region. *J Dairy Sci.* 1990;73:3421–7.
22. Lee SM, Lewis J, Buss DH, Holcombe GD, Lawrance PR. Iodine in British foods and diets. *Br J Nutr.* 1994;72:435–46.
23. Preiss U, Alfaro Santos C, Spitzer A, Wallnöfer PR. Der Jodgehalt der bayerischen Konsummilch. *Z Ernährungswiss.* 1997;36:220–4.
24. Larsen EH, Knuthsen P, Hansen M. Seasonal and regional variations of iodine in Danish dairy products determined by inductively coupled plasma mass spectrometry. *J Anal At Spectrom.* 1999;14:41–4.
25. Rasmussen LB, Larsen EH, Ovesen L. Iodine content in drinking water and other beverages in Denmark. *Eur J Clin Nutr.* 2000;54:57–60.
26. Dahl L, Opsahl JA, Meltzer HM, Julshamn K. Iodine concentration in Norwegian milk and dairy products. *Br J Nutr.* 2003;90:679–85.
27. Lindmark-Månsson H, Fondén R, Petterson HE. Composition of Swedish dairy milk. *Int Dairy J.* 2003;13:409–25.
28. Pearce EN, Pino S, He X, Bazrafshan HR, Lee SL, Braverman LE. Sources of dietary iodine: Bread, cows' milk, and infant formula in the Boston area. *J Clin Endocrinol Metab.* 2004;89:3421–4.
29. Hejtmánková A, Kuklík L, Trnková E, Dragounová H. Iodine concentrations in cow's milk in Central and Northern Bohemia. *Czech J Anim Sci.* 2006;51:189–95.
30. Soriguer F, Gutierrez-Repiso C, Gonzalez-Romero S, Oliveira G, Garriga MJ, Velasco I, et al. Iodine concentration in cow's milk and its relation with urinary iodine concentrations in the population. *Clin Nutr.* 2011;30:44–8.
31. Johner SA, von Nida K, Jahreis G, Remer T. Aktuelle untersuchungen zeitlicher trends und saisonaler effekte des jodgehaltes in kuhmilch – Untersuchungen aus Nordrhein Westfalen. *Berl Münch Tierärztl Wochenschr.* 2012;125:76–82.
32. Śliwiński B, Brzóska F, Szybiński Z. Iodine concentration in Polish consumer milk. *Ann Anim Sci.* 2015;15:799–810.
33. Crnkčić C, Haldimann M, Hodžić A, Tahirović H. Seasonal and regional variations of the iodine content in milk from Federation of Bosnia and Herzegovina. *Mljekarstvo.* 2015;65:32–8.
34. Stevenson MC, Drake C, Givens DI. Further studies on the iodine concentration of conventional, organic and UHT semi-skimmed milk at retail in the UK. *Food Chem.* 2018;239:551–5.
35. Walther B, Wechsler D, Schlegel P, Haldimann M. Iodine in Swiss milk depending on production (conventional versus organic) and on processing (raw versus UHT) and the contribution of milk to the human iodine supply. *J Trace Elem Med Biol.* 2018;46:138–43.
36. O'Kane SM, Pourshahidi LK, Mulhern MS, Weir RR, Hill S, O'Reilly J, et al. The effect of processing and seasonality on the iodine and selenium concentration of cow's milk produced in Northern Ireland (NI): Implications for population dietary intake. *Nutrients.* 2018;10:287, <http://dx.doi.org/10.3390/nu10030287>.
37. Association of Analytical Communities (AOAC). AOAC Official Method 992.22: Iodine (as iodide) in pasteurized liquid milk and skim milk powder. Liquid chromatographic method. En: Horwitz W, editor. *Official methods of analysis of AOAC International.* 17th ed. Maryland: AOAC;2000.
38. Trøan G, Dahl L, Meltzer HM, Abel MH, Indahl UG, Haug A, et al. A model to secure a stable iodine concentration in milk. *Food Nutr Res.* 2015;59:10, <https://doi.org/10.3402/fnr.v59.29829>.
39. Lamberg BA, Liewendahl K, Välimäki M. Present state of endemic goitre in Finland. En: Delange F, Dunn JT, Glinöer D, editores. *Iodine deficiency in Europe: A continuing concern.* Nueva York: Plenum Press; 1993. p. 305–9.
40. Kursa J, Herzig I, Trávníček J, Kroupová V. Milk as a food source of iodine for human consumption in the Czech Republic. *Acta Vet Brno.* 2005;74:255–64.
41. Castells V, Timoner I, Vicente E, Gómez J, Llobet JM, Pirelló G, et al. Total diet study of iodine and the contribution of milk in the exposure of the catalan population 2015. Barcelona: Agència de Salut Pública de Catalunya. Departament de Salut, Generalitat de Catalunya. Barcelona.; 2016.
42. Köhler M, Flechner A, Leiterer M, Spörl K, Remer T, Schäfer U, et al. Iodine content in milk from German cows and in human milk: New monitoring study. *Trace Elem Electrolytes.* 2012;29:119–26.
43. Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail, ANSES; Centre Informatique sur la Qualité des Aliments, CIQUAL. Anses-Ciqual table de composition nutritionnelle des aliments, version 2017 /French food composition table, version 2017 [consultado 14 Feb 2019]. Disponible en: <https://ciqual.anses.fr/#>.
44. Rey-Crespo F, Miranda M, López-Alonso M. Essential trace and toxic element concentrations in organic and conventional milk in NW Spain. *Food Chem Toxicol.* 2013;55:513–8.
45. WHO. Urinary iodine concentrations for determining iodine status in populations. Vitamin and mineral nutrition information system. WHO/NMH/NHD/EPG/13.1. Geneva: World Health Organization; 2013 [consultado 14 Feb 2019]. Disponible en: <http://www.who.int/vmnis/indicators/urinaryiodine/en/>.
46. Zimmermann MB, Andersson M. Assessment of iodine nutrition in populations: Past, present, and future. *Nutr Rev.* 2012;70:553–70.
47. Nelson M, Phillips DIW, Morris JA, Wood TJ. Urinary iodine excretion correlates with milk iodine content in seven British towns. *J Epidemiol Community Health.* 1987;42:72–5.
48. Rasmussen LB, Ovesen L, Bülow I, Jørgensen T, Knudsen N, Laurberg P, et al. Dietary iodine intake and urinary iodine excretion in a Danish population: Effect of geography, supplements and food choice. *Br J Nutr.* 2002;87:61–9.
49. Als C, Haldimann M, Bürgi E, Donati F, Gerber H, Zimmerli B. Swiss pilot study of individual seasonal fluctuations of urinary iodine concentration over two years: Is age-dependency linked to the major source of dietary iodine? *Eur J Clin Nutr.* 2003;57:636–46.
50. Zamrazil V, Bilek R, Cerovska J, Delange F. The elimination of iodine deficiency in the Czech Republic: The steps toward success. *Thyroid.* 2004;14:49–56.
51. Bath SC, Furnidge-Owen VL, Redman CWG, Rayman MP. Gestational changes in iodine status in a cohort study of pregnant women from the United Kingdom: Season as a effect modifier. *Am J Clin Nutr.* 2015;101:1180–7.
52. Dahl L, Markhus MW, Roldan Sanchez PV, Moe V, Smith L, Meltzer HM, et al. Iodine deficiency in a study population of Norwegian pregnant women-Results from the Little in Norway Study (LiN). *Nutrients.* 2018;10:513, <http://dx.doi.org/10.3390/nu10040513>.
53. Arrizabalaga JJ, Larrañaga N, Espada M, Amiano P, Bidaurrezaga J, Latorre K, et al. Changes in iodine nutrition status in schoolchildren from the Basque Country [in Spanish/in English]. *Endocrinol Nutr.* 2012;59:474–84.
54. Andersen S, Karmisholt J, Pedersen KM, Laurberg P. Reliability of studies of iodine intake and recommendations for number of samples in groups and in individuals. *Br J Nutr.* 2008;99:813–8.