

Aceptabilidad y calidad nutricional de una bebida a base de zumo de naranja y suero de leche, conservado con calor o campos eléctricos pulsados de alta intensidad

Amalia Mónico Pifarré, Olga Martín, María Luz de Portela, Silvia H. Langini, Adriana R. Weisstaub, Carola Greco y Patricia Ronayne de Ferrer

Departamento de Tecnología de Alimentos, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria, Universidad de Lleida, Lleida, España. Facultad de Farmacia y Bioquímica, UBA, Buenos Aires, Argentina

RESUMEN. El zumo de naranja puede ser vehículo de nutrientes para mejorar la calidad de una dieta, pero es preciso que tenga buena aceptabilidad. Los objetivos del presente trabajo fueron: a) estudiar la aceptabilidad de bebidas preparadas a partir de zumo de naranja (Z) con agregado de suero lácteo en polvo (SL) al 7% (Z+SL7) ó al 13% (Z+SL13); b) evaluar el contenido de lisina disponible y la retención de ácido ascórbico, del preparado de mayor aceptación, comparando el efecto del tratamiento de Campos Eléctricos Pulsados De Alta Intensidad (CEPAI) (29 kV/cm, t_{acum} : 59 μ s) con un proceso térmico convencional a 75°C, 15 minutos (TT). Las bebidas se sometieron a una evaluación sensorial (test de Friedman). Se determinó lisina disponible por el método de Carpenter modificado por Booth y vitamina C por HPLC; minerales: Na y K, por fotometría de llama; Ca, Mg y Zn por espectrometría de absorción atómica. No hubo diferencias significativas entre la aceptación de Z y Z+SL7. La de Z+SL13 fue significativamente menor ($p<0,01$), por lo cual se descartó. El contenido de lisina disponible (mg/g de proteína) en Z+SL7 sin tratar fue 60,2 \pm 0,15; después de los tratamientos fue: 50,0 \pm 2,8 (TT) y 51,0 \pm 3,4 (CEPAI). Los productos Z y (Z+SL7) tratados con CEPAI retuvieron 100 y 98% de vitamina C, y los sometidos a TT, 91% y 88%, respectivamente. La cantidad agregada de suero lácteo condicionó la aceptabilidad. La formulación de la bebida a base de zumo de naranja con 7% de suero lácteo tuvo buena aceptación y, después del tratamiento con CEPAI, retuvo una buena calidad nutricional, en relación al contenido de lisina disponible y vitamina C, constituyendo una fuente importante de algunos nutrientes minerales.

Palabras clave: Zumo enriquecido, campos eléctricos pulsados de alta intensidad, lisina disponible, vitamina C, minerales.

INTRODUCCION

Las bebidas analcohólicas pueden ser utilizadas como vehículo de diversos nutrientes, añadidos con el fin de mejorar la calidad de una dieta, especialmente en aquellos casos en que son consumidas por grupos vulnerables (1,2). Además, algunas industrias tratan de desarrollar bebidas sin alcohol, con bajo contenido calórico, que puedan servir para sustituir

SUMMARY. Acceptability and nutritional quality of a beverage based on orange juice and whey powder, preserved by heat or high-intensity pulsed electric fields (HIPEF). Orange juice may be a nutrient vehicle that helps to improve diet quality. The addition of whey allows the incorporation of high quality proteins. However, a good acceptability is necessary. The aims of the present study were: a) to assess the acceptability of a beverage prepared with orange juice (J) and whey powder (WP) at 7 g/100 g (J+WP7) or at 13g/100 g (J+WP13); b) to measure available lysine content and ascorbic acid retention of the more accepted formulation, comparing the effect of HIPEF treatment (29 kV/cm, t_{acum} : 59 μ s) with a conventional heat treatment at 75°C, for 15 minutes (HT). The beverages were subjected to sensory evaluation (Friedman test). Available lysine was assessed by the Carpenter method, modified by Booth, and vitamin C by HPLC; minerals Na and K, by flame photometry; Ca, Mg and Zn by atomic absorption spectrometry. There were no significant differences between the acceptance of J and J+WP7. J+WP13 was significantly less accepted ($p<0.01$), so it was discarded. Available lysine (mg/g protein) in untreated J+WP7 was 60.2 \pm 0.15; after treatments: 50.0 \pm 2.8 (HT) and 51.0 \pm 3.4 (HIPEF). The HIPEF treated J and (J+WP7) retained 100% and 98% of their vitamin C initial content and the HT treated, 91% and 88%, respectively. The amount of whey powder added to the orange juice conditioned the acceptability. The juice containing 7% of whey powder was well accepted, and after treatment by HIPEF, it retained a good nutritional quality, regarding available lysine, vitamin C retention and provision of mineral nutrients.

Key words: Enriched juice, high-intensity pulsed electric fields, available lysine, vitamin C, minerals.

una comida rápida aportando nutrientes marginales o deficitarios en la sociedad moderna. Estas bebidas han registrado una importante tasa de crecimiento en Europa desde 1998 (3).

Los zumos cítricos, en particular el de naranja, se encuentran entre los de mayor venta y gozan de amplia aceptación. Por otra parte, el suero lácteo, subproducto de la industria quesera, se ha considerado durante mucho tiempo

un desecho industrial, utilizado sólo para alimentación animal, o bien, vertido como desecho a corrientes de agua o a los suelos (4). La mayor conciencia relativa al cuidado del medio ambiente así como una mejor apreciación del valor nutricional de este subproducto han llevado a plantear la posibilidad de su utilización en la industria alimentaria, por lo cual se está revalorizando como un suplemento interesante por su aporte de proteínas de elevado contenido en lisina y de minerales como calcio, potasio y zinc, fundamentalmente (5,6). Por ello, la adición de suero lácteo al zumo de naranja permite incrementar el aporte de aquellos nutrientes que pueden ser deficitarios o marginales en ciertos grupos vulnerables como niños y ancianos.

Por otra parte, los métodos no térmicos de conservación de alimentos están siendo investigados para evaluar su potencial como proceso alternativo o complementario a los métodos térmicos tradicionales (6,7). Su desarrollo responde al propósito de obtener productos estables microbiológica y enzimáticamente, minimizando la pérdida de calidad de los alimentos debida a los efectos del calor.

El objetivo del presente trabajo fue elaborar una bebida a base de zumo de naranja y suero lácteo, estudiar su aceptabilidad por parte del consumidor potencial, y determinar el efecto de dos tratamientos de conservación diferentes (campos eléctricos pulsados de alta intensidad y tratamiento térmico convencional) sobre su calidad nutricional. Para ello se determinaron los niveles de lisina disponible remanentes después de cada uno de los tratamientos; el grado de retención de ácido ascórbico y el contenido de algunos minerales de interés nutricional (calcio, magnesio y zinc).

MATERIALES Y METODOS

Materias primas

Las materias primas utilizadas fueron zumo de naranja y suero de leche en polvo. El zumo de naranja (Z) se obtuvo de naranjas frescas, *Navelate*, adquiridas en el mercado local de la Ciudad de Lleida (España), exprimidas con un exprimidor, marca SANTOS tipe-10 a una velocidad de rotación de 1500 a 1800 rpm. El suero de leche en polvo fue donado por Copirineo (S.C.C.L.) de La Pobla de Segur (Lleida, España) y su composición fue mayoritariamente lactosa (aproximadamente 75%) y 12,3 g/100 g de proteínas. Cabe señalar que el suero de leche, además, es un aportador importante de calcio, potasio, magnesio y zinc.

Bebidas formuladas

1. zumo de naranja con agregado de 7 g/100 g de suero lácteo (Z+SL7).
2. zumo de naranja con agregado de 13 g/100 g de suero lácteo (Z+SL13).

Métodos

Procesos aplicados

Tratamiento Térmico (TT)

Los productos se sometieron a un calentamiento en baño de agua, a una temperatura de 75°C, durante 15 minutos. El tiempo necesario para llegar a dicha temperatura fue de 10 minutos; el enfriamiento posterior a 25°C, también duró 10 minutos.

Tratamiento con Campos Eléctricos Pulsados de Alta Intensidad (CEPAI)

Los productos se sometieron a pulsos de 2µs, a 24-29 kV/cm, en un equipo de laboratorio (OSU-4F, Ohio State University, OH, USA) durante un tiempo total de tratamiento de 59µs y un flujo de 118 ml/min. La temperatura al finalizar el tratamiento por CEPAI fue de 35°C.

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se llevó a cabo a fin de determinar la aceptabilidad de los distintos productos por parte de los consumidores; las bebidas se prepararon con las materias primas inmediatamente antes de la degustación. Los jueces debían ordenar las 3 bebidas (zumo de naranja, Z+SL7 y Z+SL13) de acuerdo a sus preferencias (de mayor a menor). Se contó con 43 jueces no entrenados. Los resultados se analizaron aplicando el test de Friedman (9).

Análisis realizados

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado y se efectuaron duplicados de las muestras procesadas.

Lisina disponible

Se utilizó el método de Carpenter (10), modificado por Booth (11). Se determinó el contenido de nitrógeno total (NT) por el método de Kjeldahl (12). El factor de conversión a proteína utilizado fue de 6,25.

Acido ascórbico

Se extrajo con ácido metafosfórico al 10% y 0,5 mL de 2,3-dimercapto-1-propanol (BAL) y se determinó por HPLC, utilizando una columna NH₂-Spherisorb S5. La fase móvil fue una mezcla de 60% de solución reguladora de fosfato 5 mM (ajustada a pH 3,5) y 40% de acetonitrilo. Se utilizó un patrón externo de ácido L-ascórbico (Sigma Chemical, Co, St. Louis, MO) (13).

Minerales

Se realizó una digestión por vía húmeda con "bombas" Parr (14), con NO₃H p.a., en un horno de microondas Samsung, modelo MW 5720 (900–1400 W). El mineralizado

se diluyó a volumen adecuado según las determinaciones a efectuar utilizando agua desionizada ultrapura. Para las curvas estándar se utilizaron patrones Merck. Se utilizó como material de referencia leche entera en polvo RM 8435, NIST, sometida al mismo tratamiento que las muestras. Se determinó sodio y potasio por fotometría de llama; calcio, magnesio y zinc por espectrometría de absorción atómica (15) con lámparas específicas de cátodo hueco (espectrofotómetro Varian Spectr AA 20, Varian Techtron Pty., Limited; Victoria, Australia). Se agregó Cl_3La como supresor de interferencia de fosfatos. Todo el material utilizado se lavó en NO_3H 20%, enjuagándolo 6 veces con agua destilada y 6 veces con agua desionizada ultrapura.

RESULTADOS

Evaluación Sensorial

Los resultados no evidenciaron diferencias significativas entre la aceptación del zumo de naranja y la bebida preparada con zumo de naranja y 7% de suero lácteo (Z+SL7). Sin embargo, la aceptación de la bebida preparada con zumo de naranja y con agregado de 13% de suero lácteo (Z+SL13) fue significativamente menor que la de los anteriores ($p < 0,01$). Por este motivo, los estudios de calidad nutricional se realizaron exclusivamente sobre el Z+SL7.

Acido ascórbico

Los niveles de ácido ascórbico antes y después del procesado y el porcentaje de retención del mismo se detallan en la Tabla 1. Los resultados evidenciaron una mejor retención de vitamina C en la bebida tratada con CEPAI en comparación con la sometida a tratamiento térmico.

TABLA 1

Contenido inicial en el zumo de naranja (Z) y porcentaje de retención en la bebida a base de zumo de naranja y suero lácteo (Z+SL7) de ácido ascórbico y de lisina disponible antes y después de tratamiento térmico (TT) y de campos eléctricos pulsados de alta intensidad (CEPAI)

Tratamiento	Sin tratamiento		Tratamiento térmico		Tratamiento con CEPAI	
	mg/100 g	% de retención	mg/100 g	% de retención	mg/100 g	% de retención
	Ácido ascórbico					
Z	424± 4	100	387± 11	91	431± 6	100
Z + SL 7%	472± 5	100	417± 32	88	462± 4	98
	Lisina disponible					
	mg/g de proteína	% de retención	mg/g de proteína	% de retención	mg/g de proteína	% de retención
Z + SL 7%	60,2±15,0	100	50,0±28,0	83	51,0±34,0	85

* Media ± Desviación Estándar

Lisina disponible

Los resultados de lisina disponible, expresados en g/ 100 g de proteína bruta, no evidenciaron diferencias significativas entre los dos tratamientos; sin embargo, existió una reducción entre el 15% y el 17% con relación al contenido original, como consecuencia de ambos tratamientos (Tabla 1).

Minerales

Los resultados del contenido de minerales en el suero lácteo y en la bebida formulada y sometida a los dos tratamientos se detallan en la Tabla 2. El contenido en minerales del zumo de naranja es mucho menor que el de la bebida preparada con suero lácteo añadido; por tanto, el enriquecimiento del zumo resultó beneficioso en relación al contenido de minerales y dicho contenido, como era de esperar, no se modificó después de cada uno de los tratamientos (TT y CEPAI).

TABLA 2

Contenido de minerales en el suero lácteo, y en la bebida formulada (Z+SL7) sometida a tratamiento térmico (TT) y a campos eléctricos pulsados de alta intensidad (CEPAI) *

Tratamiento Minerales	Suero lácteo	Z+SL7	
		TT (mg/100 g)	CEPAI
Sodio	741 ± 105	57 ± 9	57 ± 9
Potasio	2242 ± 110	392 ± 20	392 ± 21
Calcio	341 ± 25	42 ± 5	43 ± 3
Magnesio	100 ± 10	21 ± 2	21 ± 1
Zinc	0,28 ± 0,05	0,43 ± 0,03	0,37 ± 0,07

* Media ± Desviación Estándar

Asimismo, cabe señalar que el suero lácteo comercial utilizado presentaba un contenido en minerales (excepto en el caso del potasio) inferior al de las tablas de composición de alimentos (16,17), como se observa en la Tabla 3.

TABLA 3

Contenido de minerales del suero lácteo y su comparación con datos de tablas de composición de alimentos

Minerales	Datos experimentales	Datos publicados	
		Base de datos de USDA (ref. 16)	Tabla alemana (ref. 17)
Sodio	741 ± 105	1079	1290
Potasio	2242 ± 110	2080	1860
Calcio	341 ± 25	796	890
Magnesio	100 ± 10	176	180
Zinc	0,28 ± 0,05	1,97	2,10

DISCUSION

La composición del suero lácteo puede variar considerablemente según el proceso de obtención pero, como ya se ha indicado, sus principales componentes son lactosa, proteínas y algunos minerales (18). Estas características lo convierten en un ingrediente ideal para formular productos alimenticios de mejor calidad nutricional. En particular, la formulación de bebidas ácidas se ve favorecida debido a la buena solubilidad de las proteínas en este medio.

Sin embargo, la comercialización de este tipo de productos no ha sido muy exitosa, probablemente porque su aceptabilidad se ve limitada por las características organolépticas que les confiere el suero (19). En concordancia con esos antecedentes, en este estudio se observó que la adición al zumo de naranja de un 13% de suero en polvo dio como resultado una bebida de menor aceptación. No obstante, cuando el agregado fue de un 7% la aceptación fue similar a la del zumo de naranja original. En función de estos resultados, se procedió al procesamiento y análisis de la bebida formulada con un 7% de suero lácteo.

Desde un punto de vista nutricional, es importante destacar que las proteínas del suero, que representan alrededor del 20% del contenido proteico total de la leche de la que provienen, se caracterizan por su elevado contenido de lisina. Esta característica lo convierte en una fuente proteica ideal para elaborar alimentos líquidos que complementen las dietas a base de cereales o, en general, aquellas dietas que se caracterizan por un bajo consumo de productos de origen animal (20).

El suero utilizado en el presente trabajo contenía 12,3 % de proteínas, por lo cual la adición de 7% del mismo contribuyó a un agregado de 0,86 g de proteína por 100 g de producto final. Teniendo en cuenta que el zumo de naranja contiene aproximadamente 0,57% de proteínas (15), la bebida preparada (Z+SL7) contenía 1,43 g de proteínas por 100 g. En consecuencia, comparada con el zumo de naranja, la bebida formulada (Z+SL7) incrementó su aporte de proteína. Además, se debe tener en cuenta que la determinación de lisina disponible es buen indicativo del grado de deterioro producido en las proteínas a causa del procesamiento y, por ende, de la disponibilidad biológica de las mismas, puesto que fácilmente hay interacción entre azúcares reductores y residuos α -amino del aminoácido esencial lisina (reacción de Maillard). En la bebida tratada con CEPAI la cantidad de lisina disponible remanente fue equivalente al 100% de los requerimientos de lisina para los mayores de un año (5,1 g/100 g de proteína). Por ello, el consumo de un vaso de la bebida formulada (250 g) aportaría 3,5 g de proteína, cantidad que puede representar hasta un 10% de las ingestas recomendadas de proteínas para escolares e individuos de tercera edad (21).

Los resultados de este estudio evidenciaron una mejor retención de vitamina C en la bebida tratada con CEPAI en

comparación con la sometida a tratamiento térmico, de modo similar a lo señalado por otros investigadores (22). Estos resultados resaltan la conveniencia de aplicar este proceso de conservación ya que el ácido ascórbico es fácilmente degradable, no sólo durante los procesos de conservación sino incluso durante el almacenamiento.

También es de gran importancia destacar que el producto formulado presentó un bajo contenido de sodio y un elevado contenido de potasio. Además, en relación al zumo de naranja existió un incremento del contenido de calcio, magnesio y zinc. Desde el punto de vista práctico, el incremento en la bebida formulada de los minerales estudiados sería de 624% para el potasio, 390% para el calcio y 175% para el magnesio, lo cual representa un aporte muy importante en relación a las ingestas recomendadas (23). De menor importancia son los incrementos de zinc (24).

CONCLUSIONES

La bebida preparada con zumo de naranja adicionada con 7% de suero lácteo mostró niveles similares de lisina disponible, tanto cuando fue sometido a tratamiento térmico (TT) como a campos eléctricos pulsados (CEPAI). En el contenido de sodio, potasio, calcio, magnesio y zinc no existió diferencia significativa en función de los tratamientos de conservación.

Después de ambos tratamientos (TT y CEPAL) se mantuvo una buena calidad nutricional, en cuanto al contenido de lisina disponible y aporte de vitamina C. Por consiguiente, este producto podría ser una alternativa interesante a las bebidas con fortificación múltiple, destinadas a grupos vulnerables (25).

REFERENCIAS

1. Holsinger VH. Fortification of soft drinks with protein from cottage cheese whey. *Adv Exp Med Biol* 1978; 105:735-47.
2. Sharma SK, Zhang QH, Chism GW. Development of a protein fortified fruit beverage and its quality when processed with pulsed electric field treatment. *J Food Quality* 1998; 21:459-73.
3. Manger J, Wehrheim A. El avance de las bebidas a base de leche y lactosuero. *Énfasis Alimentación* 2004; 4:102-104.
4. Smithers GW, Ballard FJ, Copeland AD, De Silva KJ, Dionysius DA, Francis GL, et al. Symposium: Advances in dairy foods processing and engineering. New opportunities from the isolation and utilization of whey proteins. *J Dairy Sci* 1996; 79:1454-59.
5. Huffman LM. Processing whey protein for use as a food ingredient. *Food Technol* 1996; 2:49-52.
6. de Wit JN. Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. *J Dairy Sci* 1998; 81:597-608.
7. Barbosa-Cánovas GV, Pothakamury UR, Palou E, Swanson BG. Conservación no térmica de los alimentos. Zaragoza, España: Acribia; 1998.

8. McDonald CJ, Lloyd SW, Vitale MA, Peterson K, Innings E. Effects of pulsed fields on microorganisms in orange juice using electric field strengths of 30 and 50 kV/cm. *J Food Sci* 2000; 65:9840-9.
9. Meilgaard M, Civille GV, Carr BT. *Sensory Evaluation Techniques*. 2nd ed. Boca Raton, (FL) USA: CRC Press; 1991.
10. Carpenter KJ. The estimation of available lysine in animal protein foods. *Biochem J* 1960; 77:604-10.
11. Booth VH. Problems in the determination of FDNB-available lysine. *J Sci Food Agric* 1971; 22:658-66.
12. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists A.O.A.C. 13th Edition; Washington DC, USA; 1980.
13. Soliva-Fortuny RC, Martín-Belloso O. Microbiological and biochemical changes in minimally processed fresh-cut Conference pears. *Eur Food Res Technol* 2003; 217:4-9.
14. Sapp RE, Davidson SD. Microwave digestion of multi-component foods for sodium analysis by atomic absorption spectrometry. *J Food Sci* 1991; 56:1412-14.
15. Perkin Elmer Corp. Analytical method for atomic absorption spectrophotometry. Perkin Elmer Corp. Norwalk C.T. 1971.
16. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 17; 2004.
17. Souci SW, Fachmann W and Kraut W. *Food Composition and Nutrition Tables*; 5th revised and completed edition; Stuttgart, Germany: Medpharm, Scientific Publishers; 1994.
18. Walstra P, Jenness R. *Química y Física Lactológica*. Zaragoza, España: Acribia; 1987.
19. Branger EB, Sims CA, Schmidt RH, O'Keefe SF, Cornell JA. Sensory characteristics of cottage cheese whey and grapefruit juice blends and changes during processing. *J Food Sci* 1999; 64:180-4.
20. Pellet PL, Ghosh S. Lysine fortification: Past, present and future. *Food and Nutrition Bulletin* 2004; 25:113-117.
21. Subcommittee on Interpretation and Uses of Dietary Reference Intakes, and the Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes. Food and Nutrition Board & Institute of Medicine, National Academy of Sciences. *Dietary Reference Intakes, Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids*. Washington, DC; 2002.
22. Yeom HW, Streaker CB, Zhang QH, Min DB. Effects of pulsed electric fields on the quality of orange juice and comparison with heat pasteurization. *J Agric Food Chem* 2000; 48:4597-4605.
23. Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes, Food and Nutrition Board & Institute of Medicine, National Academy of Sciences. *Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, vitamin D and Fluoride*. Washington, DC; 1997.
24. Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes, Food and Nutrition Board & Institute of Medicine, National Academy of Sciences. *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc*. Washington, DC; 2001.
25. Barclay D. Multiple fortification of beverages. *Nutrition Bulletin* 1998; 19:168-171.

Recibido: 21-09-2006

Aceptado: 23-12-2006