

OBTENCION DE EXTRUDIDOS DE MAIZ FORTIFICADOS CON HIERRO

Heinen, Gabriel

Instituto de Tecnología de Alimentos ITA-UNL

Directora: Drago, Silvina R.

Codirector: Cian, Raúl

Área: Ingeniería

Palabras claves: Fortificantes, Arabinoxilanos, Encapsulación.

INTRODUCCIÓN

La deficiencia de hierro (Fe) y la anemia son problemas de salud pública por sus consecuencias sobre la salud de los individuos y sobre aspectos sociales y/o económicos que afectan en distinto grado a todos los países (S. A. de Pediatría, 2017).

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2011), más de 2 billones de personas tienen deficiencia de hierro, lo que representa casi el 25% de la población mundial. La anemia está presente en 800 millones de personas, de los cuales 273 millones son niños. La causa más frecuente de anemia en el mundo es la deficiencia de hierro. Su incidencia en países en vías de desarrollo es 2,5 veces mayor que en países desarrollados.

Por otra parte, la fortificación es una estrategia sustentable a largo plazo para resolver la deficiencia de hierro a nivel poblacional. Existen distintas fuentes de hierro de fortificación que varían respecto a su biodisponibilidad y reactividad con la matriz alimentaria. En general, las fuentes más reactivas y de mayor biodisponibilidad son las solubles en agua (Kumari et al. 2022). El sulfato ferroso es una fuente soluble en agua, de bajo costo, de buena biodisponibilidad pero de alta reactividad (prooxidante). La oxidación del alimento genera olores, sabores y apariencias desagradables, provocando su deterioro. Entonces la encapsulación podría ser una estrategia útil para disminuir la interacción del hierro con la matriz alimentaria, previniendo el deterioro por oxidación del alimento. Además, podría proteger al hierro de interacciones con inhibidores del alimento que reducen su biodisponibilidad (Wardhani et al. 2020). La matriz utilizada como material de encapsulación debe ser de calidad alimentaria, biodegradable y capaz de formar una barrera entre el elemento interno y su entorno (Piskin et al. 2022). Además, no debe afectar su biodisponibilidad. La bioaccesibilidad de un micronutriente se define como la fracción de un compuesto o elemento dado que se libera de un alimento en el tracto gastrointestinal durante la digestión y que está disponible para su absorción por el organismo humano (Filbido et al. 2021).

Por otra parte, a partir del bagazo cervecero es posible obtener arabinoxilanos (AX), que son carbohidratos formados por una cadena lineal de xilosas unidas por enlaces glicosídicos $\beta(1-4)$, a la cual se unen residuos de arabinosa mediante enlaces glicosídicos $\alpha(1-3)$, $\alpha(1-2)$, o ambos. A su vez, las moléculas de arabinosa suelen presentar ácido ferúlico (AF) en su estructura, unido en la posición O-5 (Lynch et al. 2016). Estos AX podrían utilizarse como material de pared para elaborar microcápsulas de hierro a ser utilizadas en la fortificación de alimentos.

Título del proyecto: DESARROLLO DE ALIMENTOS A BASE DE CEREALES Y LEGUMINOSAS. EFECTOS DE LA GERMINACIÓN, FERMENTACIÓN Y EXTRUSIÓN SOBRE EL CONTENIDO Y BIOACCESIBILIDAD DE NUTRIENTES Y COMPUESTOS BIOACTIVOS. APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS PARA OBTENER PÉPTIDOS BIOACTIVOS.

Instrumento: PICT-3116

Año convocatoria: 2020

Organismo financiador: FONCYT

Director/a: Drago, Silvina R.



OBJETIVOS

Los objetivos fueron desarrollar fortificantes de hierro microencapsulados utilizando arabinosilandos (AX) de la hez de malta, aplicarlos para fortificar productos de maíz expandidos por extrusión y evaluar su bioaccesibilidad y estabilidad en el tiempo.

METODOLOGÍA

Obtención de microcápsulas

Se formularon capsulas con AX y maltodextrina como material de pared, con FeSO_4 como fuente de hierro y ácido ascórbico (AA) como promotor de la absorción del hierro, en relación molar AA:Fe (1,5:1). Se elaboraron dos tipos de microcápsulas con 12000 ppm (C1) y 24000 (C2) ppm de Fe utilizando secado spray. Se realizaron imágenes por SEM y se determinó su tamaño de acuerdo con Cian et al. (2019).

Elaboración de extrudidos

Se elaboraron expandidos de maíz fortificado al nivel de 30 ppm de Fe utilizando C1 (E1), C2 (E2) y FeSO_4 (E3) y sin fortificar como control (E0). La extrusión se llevó a cabo usando un extrusor doble tornillo, a 14% de humedad de alimentación y 140°C temperatura de salida.

Evaluación de los extrudidos

Se determinaron la Expansión (relación del diámetro del extrudido y el diámetro de la boquilla) y el volumen específico (Volumen/peso b.s, mL/g) de los extrudidos.

Evaluación de la bioaccesibilidad

Tanto para las microcápsulas como para los productos extrudidos fortificados se determinaron el contenido de Fe (por absorción atómica) y la bioaccesibilidad de hierro (BFe) *in vitro* por el método de diálisis de acuerdo a Drago et al. (2005), utilizando membranas de corte 6-8 kDa y obteniéndose los dializados que fueron conservados a -20°C hasta su análisis.

Con la información del contenido de hierro y su bioaccesibilidad se calculó el aporte potencial de hierro para una porción de 100 g de expandido, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Aporte potencial Fe (mg)} = \text{mg\% Fe producto} \times \% \text{BFe} \times \text{porción (100 g)}$$

Estudio de la estabilidad de los alimentos fortificados

Por otra parte, las muestras extrudidas fueron envasadas en envases de polipropileno y conservadas a temperatura ambiente por el término de 3 meses para determinar su estabilidad. Sobre muestras tomadas a los tiempos 0, 15, 30, 60 y 90 días se determinó el contenido de sustancias reactivas al ácido Tiobarbitúrico (TBA), de acuerdo con la técnica de Siu y Draper (1978). Además, se midió el color de las muestras, utilizando un colorímetro (Minolta CM-508d, Japón).

Estudios estadísticos

Para realizar los estudios estadísticos de ANOVA y test LSD para comparación de medias a un nivel de confianza de 95%, se utilizó el software Statgraphic Centurion XVI.

RESULTADOS

La eficiencia de encapsulación de hierro fue de 92 y 98% para C1 y C2, respectivamente, lo que indica que los AX resultaron apropiados como material de pared.

El tamaño de las microcápsulas estuvo comprendido entre 10 y 15 nm, valor típico de microcápsulas obtenidas por secado spray.

En cuanto a las características de los productos extrudidos, en la Tabla 1 se muestran la expansión y el volumen específico (VE).

Tabla 1. Características de los expandidos

| Muestras | Volumen Específico | Expansión |
|----------|--------------------|------------------------|
| E0 | 8,39±0,50 | 3,46±0,25 ^a |
| E1 | 8,17±0,31 | 3,48±0,10 ^a |
| E2 | 8,23±0,21 | 3,40±0,13 ^a |
| E3 | 8,08±0,43 | 3,61±0,20 ^b |

Letras diferentes en una columna implican diferencias significativas entre muestras ($p < 0,05$).

Puede observarse que en general no hubo diferencias significativas entre las muestras adicionadas de los diferentes fortificantes y el control, en cuanto a VE y expansión. A su vez, estos valores corresponden a muestras extrudidas en condiciones operativas que permiten obtener muy buena expansión y grado de cocción del material amiláceo.

La bioaccesibilidad de hierro de las microcápsulas y de los productos fortificados se muestra en la Tabla 2. La bioaccesibilidad de las microcápsulas fue alta, alrededor del 20% para ambas formulaciones (Tabla 2). Estos valores pueden deberse a que la formulación incluyó el ácido ascórbico que es un promotor de la absorción de hierro, que ejerce su efecto tanto por su capacidad reductora como también complejante, manteniendo el hierro en su forma ferrosa que es más soluble y formando complejos de Fe^{2+} y F^{3+} solubles. La absorción del hierro depende en gran medida de su forma química (ferroso/ férrico) y de su especiación (Ems et al. 2019). El hierro férrico se precipita en soluciones con un pH superior a 3, mientras que la mayor parte del hierro ferroso permanece soluble a un pH menor de 5. A nivel del tracto gastrointestinal, el hierro primero debe solubilizarse en el estómago y complejarse con otros componentes presentes en los alimentos que lo mantengan soluble en el sitio de absorción (duodeno). Sin embargo, los compuestos complejantes pueden ser potenciadores o inhibidores de la absorción del hierro, dependiendo de su solubilidad (Piskin et al. 2022). Por lo tanto, la composición de la dieta es uno de los principales factores que influyen en la absorción del hierro no hemínico (Sharp 2010).

A su vez, la bioaccesibilidad de Fe de los expandidos fortificados con las microcápsulas dependió del fortificante utilizado, siendo mayor en el caso de las microcápsulas C1. Probablemente el mayor contenido de hierro en la C2 afectó la estabilidad del AA.

Ambos productos fortificados con las microcápsulas presentaron mejor bioaccesibilidad de hierro que la muestra con sulfato ferroso, probablemente debido a la presencia de AA. Un hecho a destacar es que probablemente la encapsulación con AX protegió al AA durante la extrusión, hecho que debe confirmarse midiendo el contenido de AA residual.

En la Tabla 2 se muestra también el aporte potencial de hierro, dato que tiene en cuenta la bioaccesibilidad de hierro de la matriz alimentaria. Puede observarse que la fórmula C1 fue la que mayor aporte de hierro realizaría al consumir una porción de 100 g de expandido de maíz.

Tabla 2. Bioaccesibilidad y aporte potencial de Fe en Capsulas y extrudidos

| Muestra | Bioaccesibilidad (%) | Aporte potencial Fe (mg) |
|---------|-------------------------|--------------------------|
| C1 | 19,60±0,78 ^a | - |
| C2 | 20,13±1,04 ^a | - |
| E1 | 19,01±0,28 ^a | 0,76 |
| E2 | 17,10±0,32 ^b | 0,68 |
| E3 | 11,68±0,23 ^c | 0,47 |

Letras diferentes en una columna implican diferencias significativas entre muestras ($p < 0,05$).

Por otra parte, se está llevando a cabo un ensayo de estabilidad de los productos fortificados. En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos a la fecha. Los valores de oxidación medidos por la presencia de TBARS obtenidos al tiempo inicial y 15 días no

difirieron entre ellos. Tampoco hubo diferencias significativas a los 30 días de almacenamiento. Cabe destacar que el estudio se continuará hasta los 3 meses.

Tabla 3. Ensayo de estabilidad de expandidos fortificados con distintas fuentes de hierro

| Muestras | Eq MDA (nmol/g muestra) Tiempo 0 y 15 días | Eq MDA (nmol/g muestra) 30 días | Color Delta E* inicial | Color Delta E* 30 días |
|-----------|--|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| E1 | 4,93±0,39 | 5,21±0,96 | 4,91±1,12 ^b | 3,02±0,78 ^b |
| E2 | 5,52±0,14 | 7,07±0,68 | 2,90±0,41 ^a | 1,43±0,84 ^a |
| E3 | 5,36±0,60 | 4,87±0,70 | 4,92±0,50 ^b | 1,86±0,20 ^a |

Letras diferentes en una columna implican diferencias significativas entre muestras ($p < 0,05$).

Delta E inicial: Diferencia respecto a la muestra sin fortificar (E0).

Delta E 30 días: Diferencia respecto a la misma muestra 1 mes atrás.

Respecto al color, se observó una menor coloración para la muestra fortificada con C2, aunque esto es imperceptible a la vista. A su vez hubo una diferencia de color al mes de almacenamiento que fue mayor para E1 y que se debió al aumento de la Luminosidad, y algunos cambios de los parámetros a* y b*.

CONCLUSIONES

Fue factible la obtención de un fortificante de Fe de buena bioaccesibilidad utilizando AX de la hez de malta como agente encapsulante. Al aplicarlo a un alimento de consumo masivo (matriz de cereal precocido), resultó en un producto fortificado de buena bioaccesibilidad de hierro. Además, si bien los resultados preliminares son promisorios, el estudio de estabilidad se prolongará por mayor tiempo.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Cian, R. E., Salgado, P. R., Mauri, A. N., Drago, S. R.** 2019. Pyropia columbina phycocolloids as microencapsulating material improve bioaccessibility of brewers' spent grain peptides with ACE-I inhibitory activity. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(3), 1311-1317.
- Drago, S. R., Binaghi, M., Valencia, M. E.** 2005. Effect of gastric digestion pH on iron, zinc, and calcium dialyzability from preterm and term starting infant formulas. *Journal of Food Science*, 70(2), S107-S112.
- Ems, T., St Lucia, K., Huecker, M. R.** 2017. Biochemistry, iron absorption.
- Filbido, G. S., Narita, I. M. P., de Oliveira Pinheiro, A. P., da Cruz e Silva, D., Ferreira, B. A., Nascimento, E., de Oliveira, A. P.** 2021. In vitro bioaccessibility of minerals in fortified infant foods and correlation between mineral absorption facilitators and inhibitors. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(6), 5648-5656.
- Kumari, A., Chauhan, A.K.** 2022. Iron nanoparticles as a promising compound for food fortification in iron deficiency anemia: a review. *Journal of Food Science Technology*, 59, 3319–3335.
- Lynch, K. M., Steffen, E. J., Arendt, E. K.** 2016. Brewers' spent grain: a review with an emphasis on food and health. *Journal of the Institute of Brewing*, 122(4), 553-568
- Piskin, E., Cianciosi, D., Gulec, S., Tomas, M., Capanoglu, E.** 2022. Iron absorption: factors, limitations, and improvement methods. *ACS omega*, 7(24), 20441-20456.
- Sharp, P. A.** 2010. Intestinal iron absorption: regulation by dietary & systemic factors. *International Journal Vitam Nutr Res*, 80(4-5), 231-242.
- Siu GM, Draper HH.** 1978. A survey of the malonaldehyde content of retail meats and fish. *Journal of Food Science*, 43(4), 1147-1149.
- Sociedad Argentina de Pediatría y Subcomisiones.** 2017. Deficiencia de hierro y anemia ferropénica. Guía para su prevención, diagnóstico y tratamiento. *Revista en internet*, 115(4), 68-82.
- Wardhani, D. H., Wardana, I. N., Ulya, H. N., Cahyono, H., Kumoro, A. C., Aryanti, N.** 2020. The effect of spray-drying inlet conditions on iron encapsulation using hydrolysed glucomannan as a matrix. *Food and Bioproducts Processing*, 123, 72-79.