

Snack a partir de rodajas de remolacha de bajo contenido lipídico fortificado con hierro

Jenny Vera Caspary¹, Gabriela Denoya², Patricia Della Rocca¹

1 Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Escuela de Posgrado y Centro de Tecnologías Químicas, (CTQ), Medrano 951, (C1179AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

2 Instituto Tecnología Agropecuaria, Instituto de Alimentos, Centro de Investigación de Agroindustria, Nicolás Repetto y de los Reseros s/n (1686), Hurlingham, Buenos Aires, Argentina

patriciadellarocca@hotmail.com

Recibido el 2 de agosto de 2022, aprobado el 11 de agosto de 2022

Resumen

El objetivo de esta tesis se centró en obtener un snack de remolacha fortificado en hierro (Fe). El proceso consistió en un pretratamiento por deshidratación osmótica/impregnación con Fe (DO/I) durante 30 min para mejorar sus características nutricionales. Luego, se realizó un recubrimiento de las rodajas de remolacha con carboximetilcelulosa (CMC) por inmersión para reducir la absorción de aceite durante la fritura a una temperatura de 180 °C durante 3 min. Posteriormente, se realizó un secado combinado (microondas más convección por aire caliente) por 3 min hasta alcanzar una humedad en base húmeda de 20 %, tal como recomienda el Código Alimentario Argentino. Los procesos de fritura y secado combinado final se modelaron y se determinaron los coeficientes de difusividad efectiva del agua con el modelo de Crank. El snack obtenido contiene un 22 % del valor diario recomendado de hierro por porción. Respecto a la cantidad de lípidos, presentó un 55 % menos que el promedio de los analizados del mercado y asimismo, valores de sodio inferiores.

PALABRAS CLAVE: SNACK DE REMOLACHA - REMOLACHAS FORTIFICADAS CON FE - DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA - FRITURA Y SECADO COMBINADO - RECUBRIMIENTO CON CMC

Abstract

The aim of this thesis was focused on obtaining an Fe-fortified beetroot snack. The process consisted of a pretreatment by osmotic dehydration/ impregnation with Fe (DO/I) for 30 min to improve its nutritional characteristics. Then, the beetroot slices were coated with carboxymethylcellulose (CMC) by immersion to reduce oil absorption during frying at a temperature of 180 °C for 3 min. Subsequently, a combined drying (microwave plus hot air convection drying) was carried out for 6 min until reaching a humidity of 20 % on a wet basis, as recommended by the Argentine Food Code. The frying and combined drying processes were modeled and the effective diffusivity coefficients of water were determined by applying the Crank model for each of them. The snack obtained contains 22 % of the recommended daily value of iron per serving. Regarding the amount of lipids, it resulted in 55 % less than the average of those analyzed in the market. Its sodium value was lowered as well.

KEYWORDS: BEETROOT SNACK - FE-FORTIFIED BEETS - OSMOTIC DEHYDRATION - COMBINED FRYING AND DRYING - CMC COATING

Introducción

Los snacks son productos ultraprocesados, entre los que se incluyen las papas fritas en paquete y muchos otros tipos de productos grasos, golosinas, refrigerios o bocadillos procesados, dulces o salados. Son poco saludables ya que pueden contribuir al sobrepeso, la obesidad, las enfermedades cardiovasculares y la diabetes entre otras (OPS, 2015).

Sin embargo, los snacks fritos son muy consumidos debido a sus características organolépticas agradables, a pesar de poseer un alto contenido calórico, lipídico y de sodio.

En el mercado local los encontramos mayoritariamente a base de papa, aunque existen de otros vegetales como batata y mandioca. En la segunda encuesta nacional de nutrición y salud (2019) realizada en el período 2018-2019 el 15,1 % de la población refirió haber consumido productos de copetín (papas fritas, palitos de maíz, etcétera) dos veces por semana o más. Se observó mayor consumo en niños y niñas de 2 a 12 años, donde se triplica el valor comparado con el consumo en adultos (ENNyS, 2019).

Actualmente la industria alimentaria tiene la oportunidad ante la creciente demanda, tanto de la sociedad, como del marco regulatorio, de ampliar la oferta de alimentos procesados con características más saludables que los disponibles actualmente en el mercado. Es así como se hace necesario innovar e integrar diferentes tecnologías para tal fin. De esta manera y en particular al referirnos a los refrigerios se emprendió el desafío de formular un snack de remolacha frito fortificado con hierro y reducido en lípidos mediante un film de CMC con la implementación de métodos tradicionales de deshidratación osmótica (DO) y emergentes (uso de microondas). Así como también disminuir su contenido en sodio.

El consumo de frutas y verduras dentro de la dieta diaria tiene importancia por los beneficios nutricionales que aporta, siendo alimentos de bajo valor energético y altos en componentes nutritivos y bioactivos fundamentales para mantener un buen estado de salud. Entre estas sustancias se destacan las vitaminas y los minerales, como también compuestos fenólicos y fibras. Varios estudios avalan su incorporación diaria a través de la dieta para la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) como la obesidad, diabetes tipo 2 y patologías cardiovasculares, como también diversos tipos de cáncer y enfermedades degenerativas (Gamboa-Santos *et al.*, 2016).

En la segunda Encuesta Nacional de Nutrición y Salud (ENNyS) realizada en 2018-2019, en el indicador de “frecuencia de consumo de verduras (solas y/o en preparaciones) sin contar papa y batata”, los resultados mostraron que un 37,8 % de la población refirió haber consumido al menos una vez al día una verdura en los últimos tres meses. Si sumamos los resultados de la frecuencia de consumo de frutas frescas, sólo 3 de cada 10 individuos refirieron haber consumido al menos 1 en el día, cifras muy por debajo de las recomendaciones de las Guías Alimentarias para la Población Argentina, GAPA (Ministerio de Salud y Desarrollo Social, 2019), que recomiendan el consumo de 5 porciones de frutas y verduras diarias que sean variadas en tipo y color.

Comparando el consumo de verduras entre los diferentes grupos etarios, hubo mayor frecuencia en las y los mayores de 18 años (40,8 %), a diferencia de las niñas, niños y adolescentes de 13-17 años y la población de 2 a 12 años, que tuvo una frecuencia de consumo de 32,4 % y 29,6 % respectivamente. Si se compara el consumo por nivel educativo, hay mayor frecuencia de consumo (40,4 %) entre quienes reportan tener el secundario completo, respecto a quienes tienen su nivel educativo secundario incompleto (35,2 %). También se observaron diferencias entre los 2 quintiles más altos de ingreso (44 %) y el resto de los quintiles con aproximadamente 34 % de individuos que refieren consumir al menos 1 verdura al día (Figura 1) (Ministerio de Salud y Desarrollo Social, 2019).

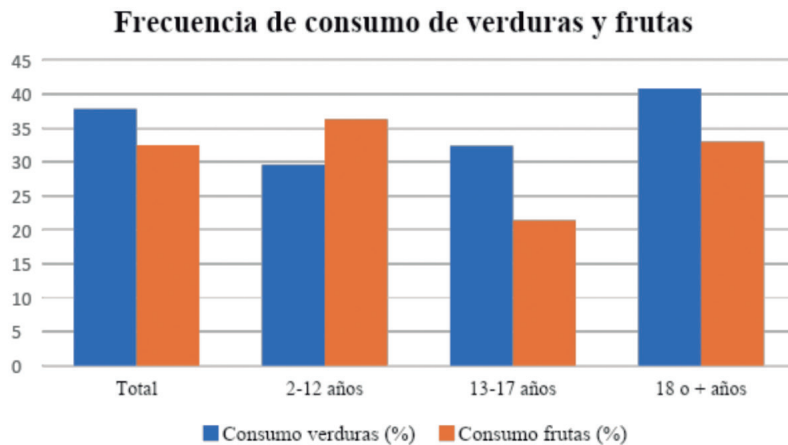


Fig. 1. Frecuencia de consumo de verduras y frutas frescas en población de 2 a más años

Fuente: elaboración propia con datos extraídos del Ministerio de Salud y Desarrollo Social 2019



Fig. 2. Remolacha de mesa

El consumo diario de alimentos saludables en general es menor en población de menor ingreso y mayor vulnerabilidad, esta tendencia se observó no sólo con las frutas y las verduras, sino con el resto de los grupos de alimentos recomendados por las GAPA.

La remolacha (también conocida como betabel o betarraga) es la raíz engrosada de *Beta vulgaris* L, según el artículo 836 en el capítulo XI del Código Alimentario Argentino (CAA, 2021). Es una planta dicotiledónea perteneciente al orden Caryophyllales (*Caryophyllales*), familia de las Amarantáceas (*Amaranthaceae*), subfamilia Quenopodioideas (*Chenopodioideae*), del género *Beta* y especie *B. vulgaris* L. La variedad conditiva es la remolacha roja comestible (Figura 2).

La remolacha es un cultivo tradicional que se consume en muchas partes del mundo. Se puede consumir fresca (tanto raíces, como hojas), procesada térmicamente o fermentada (en conserva al natural, en vinagre, agri dulce). Es una hortaliza que aporta pocas calorías, fuente de fibras y azúcares simples, como también de ácido fólico, potasio y compuestos fenólicos, con un contenido alto del pigmento betalaína (Latorre, 2011).

Composición química

La remolacha de mesa es una hortaliza que se caracteriza por su alto contenido en agua (85,6 %) y en glúcidos con un contenido de 11,1 g cada 100 g de alimento (Tabla 1). Los glúcidos contenidos son mayoritariamente simples, con más del 90 % de su contenido en sacarosa, que le aporta el sabor dulce característico al vegetal. Dentro de los glúcidos encontramos también al trisacárido rafinosa (unidad D-galactopiranosilo unida a sacarosa) y un tetrasacárido denominado estaquiosa (2 unidades D-galactopiranosilo unidas a sacarosa). Dichos oligosacáridos son indigeribles y forman parte de la fibra alimentaria (Fennema, 2000). La remolacha es buena fuente de fibra, aportando alrededor de 2,5 g% (Senser & Scherz, 1991). Dentro del contenido de micronutrientes la remolacha es fuente de ácido fólico y ascórbico, encontrando en 100 g de remolacha 0,95 mg y 10 mg respectivamente. Dicha cantidad representa el 24 % de la ingesta recomendada (IR) de ácido fólico para mujeres (no embarazadas ni en etapa de lactancia) y varones mayores a 19 años y el 22 % de la IR de vitamina C para misma población (Pita Martín de Portela, 2015).

Tabla 1: Composición química de la remolacha

REMOLACHA (<i>Beta vulgaris</i>)	
Contenido energético	KJ: 226
Por 100 g de porción comestible	Kcal: 54
Componentes principales de 100g de porción comestible	
Agua 85,6 g	Hidratos de carbono 8,4 g
Proteínas 1,95 g	Cenizas 0,95 g
Grasas Totales 0,1 g	Fibra 2,5g
Composición detallada de 100 g de porción comestible	
<i>Minerales</i>	<i>Vitaminas</i>
Sodio 51 mg	Tiamina 65 µg
Potasio 399 mg	Riboflavina 53 µg
Calcio 13 mg	Niacina 700 µg
Fósforo 46 mg	Ácido fólico 95 µg
Magnesio 0,11 mg	Ácido Ascórbico 9,4 mg
Hierro 0,93 mg	

Fuentes: Adaptada de Universidad Nacional de Luján (2010) y Senser, F., y Scherz, H. (1991)

Distribución del Fe

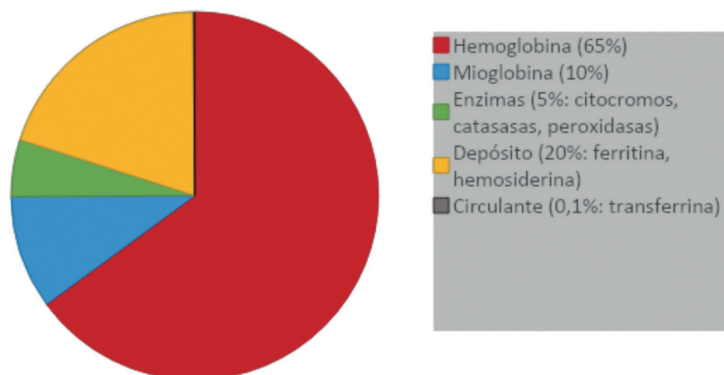


Fig. 3. Distribución del hierro en el organismo

Fuente: Adaptado de Forrellat Barrios *et al.* (2000), p. 150.

Además las remolachas poseen moléculas bioactivas llamadas betalainas, con una fuerte actividad antioxidante, que estimulan el sistema inmune, previenen de enfermedades cardiovasculares, trastornos neurodegenerativos y cáncer. Kapadia y Roa (2013), fueron los primeros en informar que el extracto acuoso de remolacha roja presentaba actividad anticancerígena.

Existe un porcentaje de la población que son vegetarianos y veganos, como la mayoría de los vegetales no son fuentes de hierro, en este trabajo se vió la necesidad de agregar a las remolachas el hierro a través de un proceso de impregnación. De esta forma, se pueden paliar los problemas de carencia de este mineral. El Fe es un micronutriente esencial necesario para el crecimiento y desarrollo. Lo podemos encontrar participando en casi todos los procesos de oxidorreducción en el organismo, formando parte de enzimas del ciclo del ácido cítrico, en la cadena respiratoria dentro de los citocromos como transportador de electrones, y en catalasas y peroxidases manteniendo la integridad de las células (Forrellat Barrios *et al.*, 2000).

La cantidad total de hierro en el adulto promedio es de 2,3 g en mujeres y 3,8 g en hombres, variando según tamaño corporal y cantidad almacenada (Pita Martín de Portela, 2015). Dentro del organismo y en la circulación siempre se encuentra ligado a proteínas, distribuyéndose en tres compartimientos: el de almacenamiento representado principalmente por la ferritina; formando parte de las hemoproteínas y el circulante asociado al transporte del hierro representado por la transferrina (Anderson y Shah, 2013).

En individuos con un óptimo estado nutricional, la mayor concentración (65 %) forma parte del grupo prostético de la hemoglobina, proteína conjugada esencial de los glóbulos rojos (GR) (Yiannikourides y Latunde-Dada, 2019). Un 20 % se localiza en el hígado, bazo, riñón y médula ósea formando parte de los depósitos, como ferritina y hemosiderina. El resto (15 %) se halla en la mioglobina y formando parte de otras proteínas con centros Fe/S presentes en varias enzimas, encontrándose sólo entre 0,1 y 0,2 % circulando unido a la transferrina (TF), como se observa en la Figura 3 (Forrellat Barrios *et al.*, 2000).

Absorción del hierro

Del hierro consumido a partir de los alimentos, se absorbe, en condiciones normales, cerca del 10 % (López y Suárez, 2010). Al carecer de un mecanismo regulatorio de su excreción, la absorción es un proceso muy controlado para mantener la homeostasis. Cerca de 1 a 2 mg de Fe que es absorbido, equivale a las pérdidas diarias por descamación de piel y mucosas principalmente (Forrellat Barrios, 2016).

El hierro en los alimentos lo podemos encontrar en dos formas, como hierro hemínico (orgánico) formando parte de la hemoglobina y mioglobina de las proteínas de carnes y el hierro no hemínico en alimentos como leche, huevo, en legumbres y vegetales de hojas (Yiannikourides y Latunde-Dada, 2019). Ambos tipos de hierro difieren en su biodisponibilidad, que se define como la eficacia con la cual el hierro consumido a través de los alimentos es absorbido por el tracto gastrointestinal, ya que dependen de la interacción de diferentes componentes de la dieta, que pueden inhibir o facilitar su ingreso al organismo (López y Suárez, 2010).

Los fitatos (ácido fítico) pueden disminuir la absorción de hierro no hemínico entre 51 a 82 % (Sharma, 2003), debido probablemente a la formación de fitatos di y tetra férricos (Allen y Ahluwalia, 1997).

También los fosfatos (presentes en gaseosas y huevo: fosfoproteínas tanto en la clara como en la yema (Calvo *et al.*, 2001, Oliveira, 2001), oxalatos, polifenoles y pectinas (éstas últimas abundantes en las frutas), forman complejos insolubles con el hierro y este es el mecanismo por el cual interfieren con su absorción a nivel intestinal. El calcio también

afecta la absorción del hierro hemínico (Martínez, 1999 y Urrutia, 2005).

El hierro debe ser reducido a Fe II para que pueda ser absorbido en el intestino. Para dicha reducción, el pH ácido del estómago es indispensable.

La vitamina C aumenta la biodisponibilidad, aún en presencia de factores inhibidores, tales como los fitatos, los taninos y el calcio.

Otros ácidos orgánicos que también aumentan la biodisponibilidad del hierro son el cítrico, málico, tartárico y el ácido láctico.

Proceso de fritura

Durante el proceso de fritura, un gran número de transformaciones químicas y físicas se producen. Se modifica tanto la microestructura del producto como las características organolépticas tales como textura, color y aroma que se presentan como consecuencia de la reacción de Maillard. También se logra conservar el alimento tanto por la destrucción térmica de los microorganismos como por los efectos generados en el alimento al reducir la actividad de agua en su superficie (Achir *et al.*, 2008; Juárez y Sammán, 2007, Bouchon *et al.*, 2003, Bouchon y Aguilera, 2001).

Según Bello Gutiérrez (1998) hay dos maneras básicas para la realización de una fritura:

Fritura superficial o salteado: se emplea una pequeña cantidad de aceite o grasa en un recipiente poco profundo y se expone al alimento por un periodo corto de tiempo.

Fritura por inmersión: se utiliza un recipiente hondo donde el alimento es sumergido completamente en la materia grasa previamente calentada.

En la fritura por inmersión se realiza a temperaturas entre 160 y 180 °C, dependiendo del alimento a freír. Estas condiciones, en donde la materia grasa actúa como transmisor de calor, llevan a un calentamiento rápido y uniforme del alimento, produciendo cambios en sus propiedades físicas, químicas, organolépticas y nutricionales. El alimento es deshidratado, parte del aceite ingresa al producto reemplazando los espacios liberados por el agua, aportando sabor, color y aroma característico (Montes *et al.*, 2016).

En la fritura tienen lugar simultáneamente mecanismos de transferencia de calor y de masa (Figura 4). Al introducir el alimento en el aceite a altas temperaturas la transferencia de calor es realizada por convección desde el aceite caliente hacia la superficie del alimento y por conducción al centro del mismo. La mayor parte del agua contenida en la superficie escapa en forma de vapor durante la fritura y un pequeño porcentaje de aceite ingresa al mismo (Aguilera, 2002). La temperatura del medio de la fritura disminuye al adicionar el alimento y hay un enfriamiento del aceite también por el agua que escapa de la pieza en estado de vapor. La transferencia de masa se da en contracorriente, con egreso de agua en forma de vapor del alimento e ingreso del aceite. El contenido de humedad

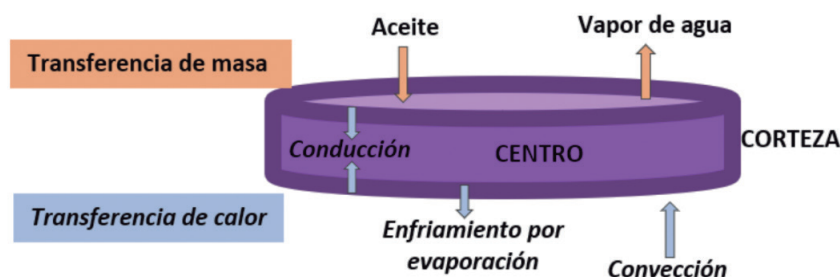


Fig. 4. Esquema de la transferencia de masas y calor durante el proceso de fritura por inmersión Fuente: adaptado de Aguilera 2002, p. 198.

disminuye mientras que el contenido de aceite en el producto aumenta. Durante la fritura se forman dos regiones en el producto: la capa exterior o corteza se caracteriza por una temperatura superior al punto de ebullición del agua y por un bajo contenido de humedad, y la región central, que es el interior del producto retiene más humedad y se halla a menor temperatura (Alvis *et al.*, 2009).

En el proceso de fritura, las propiedades térmicas y fisicoquímicas del alimento y del aceite, la geometría del alimento y la temperatura del aceite, son algunas de las variables que inciden en la transferencia de masa y calor, y que finalmente determinan las características de los productos fritos (Pedreschi y Moyano, 2005).

La fritura puede ser dividida en 4 etapas (Montes *et al.*, 2016):

1. Calentamiento inicial: la transferencia de calor es por convección natural, la superficie del alimento es calentado a una temperatura equivalente a la ebullición del agua, sin evaporación de agua. Tiene una duración de unos 10 segundos.

2. Calentamiento de la superficie: el agua de la superficie del alimento comienza a evaporar, generando turbulencia en el aceite que rodea al mismo, la transferencia de calor pasa de natural a convección forzada. El vapor de agua impide el ingreso del aceite al alimento, comienza a formarse la corteza en la superficie del alimento.

3. Etapa de velocidad decreciente: la temperatura del interior del alimento llega a 100 °C, ocurre la mayor deshidratación, acompañada con la disminución de la transferencia de vapor en la superficie y en el alimento suceden varios cambios fisicoquímicos, como la gelatinización y dextrinización del almidón, desnaturalización de las proteínas, reacciones de Maillard y el engrosamiento de la corteza. Es la etapa más larga.

4. Punto final de burbujeo: hay una marcada disminución en la pérdida de humedad y una disminución en el burbujeo en la superficie del alimento.

Deterioro de aceites y formación de compuestos polares

La fritura, más allá de ser muy aceptada por las características organolépticas que le proporciona al producto, produce un deterioro en el aceite utilizada. Durante este proceso incrementa su viscosidad, disminuye la tensión superficial, y se oxidan los lípidos, pudiendo producir compuestos tóxicos como monómeros y polímeros de ácidos grasos cíclicos, que pueden pasar al alimento y ser ingeridos (Tirado *et al.*, 2012). Al exponer a la materia grasa utilizada a altas temperaturas, al oxígeno y a la humedad del alimento, modifica los triacilglicéridos (TAG), sufriendo diferentes reacciones, como la oxidación, polimerización, isomerización, ciclación e hidrólisis, responsables de disminuir la calidad del aceite y producir sabores extraños y compuestos indeseados (Juárez y Sammán, 2007). La hidrólisis se produce por la humedad del alimento, lo que implica la rotura del enlace éster, con la consiguiente liberación de ácidos grasos, monoacilgliceroles, diacilgliceroles y glicerol. Los TAG que poseen ácidos grasos de cadena corta son más susceptibles a la hidrólisis. Por contacto con el aire y la exposición a altas temperaturas, se produce oxidación y alteraciones térmicas en los ácidos grasos insaturados, formando reacciones en cadena de radicales libres que conducen principalmente a hidroperóxidos. Éstos se descomponen dando compuestos de bajo peso molecular como alcoholes, aldehídos, hidrocarburos, ácidos y cetonas. Algunas de las sustancias formadas son compuestos de carbonilos potencialmente tóxicos que pueden ser absorbidos por el producto (Ziaifar *et al.*, 2008). En la Figura 5 se puede observar un esquema de la degradación del aceite durante la fritura. Varios de estos compuestos se polimerizan siendo los responsables del espesamiento del aceite. La mayoría de los compuestos de alteración formados son más polares que su TAG original no modificado. Por ello, se conocen con el término en inglés de *Total Polar Materials* (TPM) o contenido total de compuestos polares y su cantidad

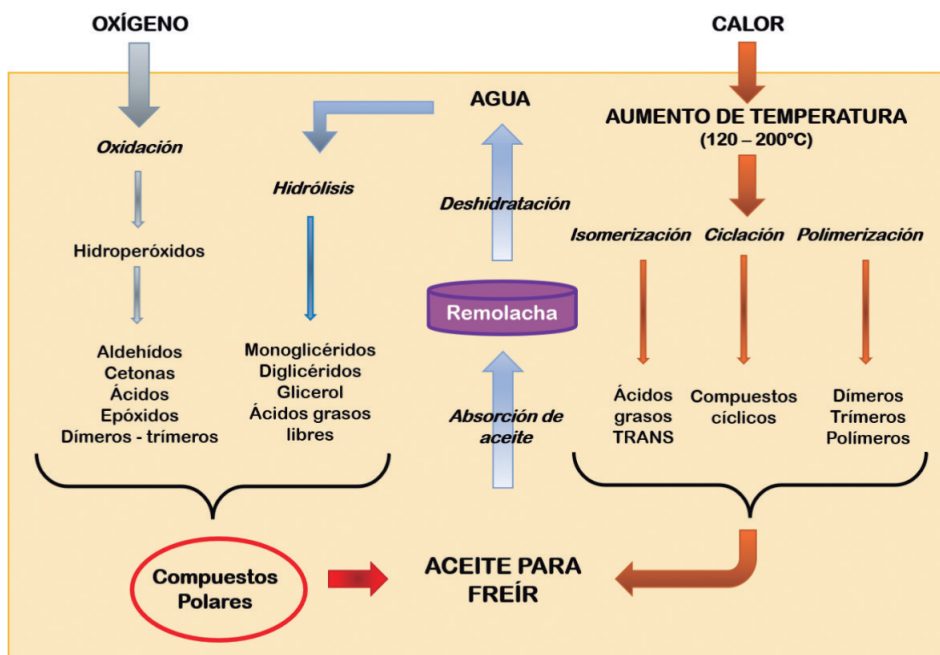


Fig. 5. Esquema de degradación del aceite durante una fritura

Fuente: modificado de Ziaifar *et al.*, 2008.

total puede determinarse mediante cromatografía de adsorción o por equipos capacitivos (Dobarganes y Márquez-Ruiz, 2015). El valor da información acerca de la formación de ácidos grasos libres, mono y diglicéridos, así como una variedad de productos de oxidación (aldehídos o cetonas). Cuando los valores de TPM son altos la calidad de la fritura disminuye. Los alimentos que se fríen en aceites con alto TPM forman rápidamente una costra oscura, y al mismo tiempo absorben una gran cantidad de aceite, ya que el agua escapa más rápidamente en forma de vapor secándose el producto y volviéndose más poroso. Al acelerarse la pérdida de agua, desaparece la cubierta protectora de vapor, aumentando el contacto del aceite con la superficie del alimento. Como resultado, penetra más grasa al interior de la fritura, pero también la superficie está expuesta a una temperatura más alta, lo que lleva a un dorado más intenso (Juáres y Sammán, 2007).

En Argentina según el artículo 552 bis del CAA en el capítulo VII, actualizado en 2021, se consideran no aptas para su uso las grasas y aceites de fritura que presenten alteraciones o deficiencias en las características organolépticas de olor y sabor y/o a las grasas y aceites que presenten TPM igual o superior al 25% (CAA, 2021a).

Factores que afectan la absorción de aceite

Según Montes *et al.* (2016) existen diversos factores que pueden afectar el proceso de absorción de aceite, entre los que se destacan la temperatura, el tiempo, las características del alimento, los agentes humectantes y los tratamientos realizados antes y después de la fritura. Respecto a la temperatura cuanto más caliente se encuentre el aceite, menor será la absorción en el alimento, siendo la temperatura máxima 180 °C, dado que por encima de ésta se produce su descomposición. Existe una correlación entre tiempo y temperatura, donde a mayor exposición al aceite, se eleva la absorción del mismo en el producto frito, pero al aumentar la temperatura, se reduce el tiempo y en consecuencia la absorción. Por otro lado, a mayor calentamiento del aceite menor estabilidad, lo que supone mayor presencia de compuestos tóxicos. Las características del alimento (matriz estructural, forma y porosidad, composición química en relación al contenido de lípidos y humedad) afectan los procesos de pérdida de agua y absorción de aceite (Dobarganes y Márquez-Ruiz, 2000). Los agentes humectantes están relacionados con el deterioro del aceite, ya que la composición del mismo se va modificando durante el proceso generando

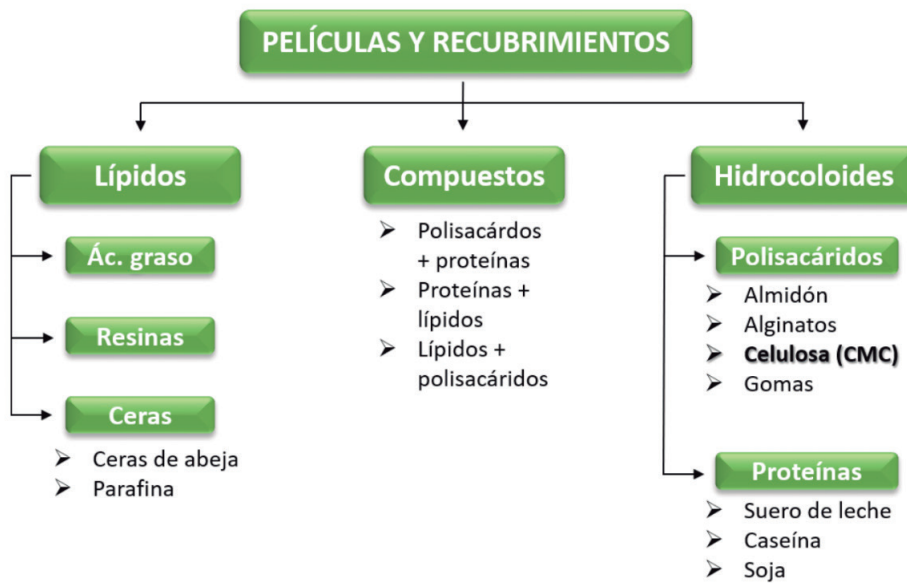


Fig. 6. Clasificación de películas y recubrimientos comestibles

Fuente: modificado de Kapetanakou *et al.* 2014.

compuestos polares que reducen la tensión superficial entre aceite y agua, aumentando la absorción de aceite (Brannan, 2014). El tipo de aceite/grasa a utilizar también influyen en la absorción. Los aceites de alto contenido de ácido oleico presentan mayor estabilidad en su estructura química al someterlos a altas temperaturas, es el caso del aceite de oliva y aceites modificados genéticamente como el de girasol y cártamo "alto oleico" (Tirado *et al.*, 2012). Así mismo, el incremento del área de contacto del alimento con el aceite, tendrá una mayor incidencia en la absorción durante la fritura.

Algunos de los pre y post tratamientos utilizados para reducir la absorción de aceite son la deshidratación osmótica, tecnologías innovadoras como el campo de pulso eléctrico y radiación infrarroja, recubrimientos superficiales de las matrices tratadas, procesamiento de fritura por vacío asistida por microondas o mediante convección de aire (Air-Fryer) y diferentes secados posteriores a la fritura.

Rodríguez *et al.* (2013) estudió la aplicación de deshidratación osmótica previo a la fritura, en snacks de banano. Las muestras presentaron menor absorción de lípidos que aquellas que no tenían el pretratamiento.

Películas y recubrimientos comestibles

El uso de recubrimientos comestibles sobre productos alimenticios con el objetivo de aumentar el tiempo de almacenamiento y mejorar su aspecto es una técnica realizada hace siglos. Como ejemplo se puede mencionar el empleo de cera para retrasar la deshidratación de los cítricos en China en los siglos XII y XIII. En la actualidad el uso de recubrimientos comestibles (RC) se ha extendido a varios alimentos, como productos cárnicos, frutas y hortalizas, entre otros.

Los recubrimientos se utilizan con el fin de servir de empaque preservandola calidad al retardar la deshidratación, modificar el intercambio de gases y disminuir la pérdida de sustancias aromáticas. También son utilizados en alimentos fritos para reducir la absorción de la materia grasa.

Las características y funciones, dependen de la materia prima utilizada. Los biopolímeros más empleados son de naturaleza glucosídica, lipídica, proteica o mezcla de ellos. Se pueden clasificar en 3 categorías diferentes, como se exhibe en la Figura 6.

En los productos fritos, el uso de hidrocoloides como recubrimiento disminuye la absorción de aceite durante su cocción. Según Salehi (2020) la modificación de la superficie del producto ha demostrado ser el procedimiento más efectivo para reducir la absorción de aceites en las frituras, al ser principalmente un fenómeno de superficie. El uso de RC a base de proteínas y carbohidratos en los productos fritos da como resultado una mejor capacidad de retención de humedad, lo que eventualmente conduce a productos con menor contenido de grasa. Según el sustrato utilizado para el recubrimiento puede reducirse la absorción de grasa entre un 20 % y un 55 %, comparado con frituras sin revestimiento (Salehi, 2020).

Carboximetilcelulosa (CMC)

La carboximetilcelulosa es un aditivo alimentario que se encuentra bajo la numeración E466. En el CAA, en su artículo 1398 (52.1) del capítulo XVIII, actualizado en 2021, se describe como sal sódica del carboximetil éster de la celulosa, siendo un polvo soluble en agua que se presenta en forma de finos granos o fibras finas de aspecto blanco o amarillento, casi incoloro e insípido (CAA. 2021b).

Es un polisacárido lineal derivado de la celulosa obtenido mediante tratamiento químico de fibras vegetales. Se utiliza en la industria alimentaria por su viscosidad, solubilidad y claridad al formar soluciones en agua. (Nieto, 2009). Es utilizada como ligante, espesante y estabilizante en la industria alimentaria. Por ser incoloro, inodoro e insípido es un buen material para usar como recubrimiento, ya que mantiene la apariencia original del producto (Valle Guadarrama *et al.*, 2008). Puesto que la CMC exhibe varios grados de viscosidad se puede destinar a diferentes aplicaciones. En el caso de espesante se eligen grados altos de viscosidad, en tanto que, para RC se prefiere grados bajos, lo que permite la utilización de mayor concentración de la misma en las soluciones (Nieto, 2009).

Su estructura es la modificación del polímero de celulosa nativo incorporando en algunas posiciones de las unidades de anhidroglucosa un carboximetilo (Figura 7). El grado de sustitución varía de 0,6 a 0,95, siendo el límite legal de 1,0. Dicha sustitución hace la molécula más soluble y estable en solución. A pH ácido de 3,0 o menor la CMC se vuelve insoluble en agua (Nieto, 2009).

Por otro lado, en los procesos de fritura se utiliza como RC previo al tratamiento (Paramasivam *et al.*, 2021; Morales y Santacruz, 2017; Alvis, 2015). Tanto Paramasivam *et al.* (2021), Kizito *et al.* (2017), como Morales y Santacruz (2017) reportaron su uso en diferentes matrices alimentarias en concentraciones de 0,5 a 2 %, y observaron una reducción significativa de la absorción de lípidos durante la fritura. La utilización de CMC en el marco de esta investigación también fue con este propósito.

El objetivo general de este trabajo fue obtener un snack de remolacha fortificado en hierro, de bajo contenido en lípidos y sodio, para lograr un perfil más saludable que los actuales snacks del mercado.

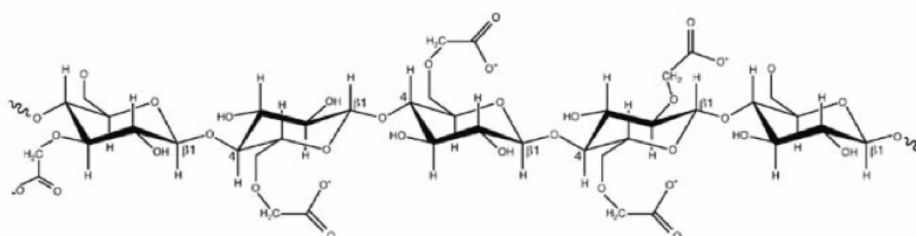


Fig. 7. Estructura de la CMC

Fuente: extraído de Nieto, 2009.

Parte experimental

Materiales

Materia Prima

Remolacha (*Beta vulgaris L. var. conditiva*): se utilizaron las raíces de remolachas rojas compradas en comercios minoristas de verduras de CABA, buscando tamaños similares para lograr láminas homogéneas.

Agua destilada

Azúcar (sacarosa): se empleó azúcar blanca comercial, marca Ledesma.

Sal (cloruro de sodio): se utilizó sal fina comercial, marca Dos Anclas.

Sulfato ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$): marca Carlo Erba Reagents (Dasitgroup). Se eligió por su bajo costo y por su elevada solubilidad en agua, lo que lo hace más biodisponible.

Ácido ascórbico: marca Biopack, grado farmacéutico y alimenticio (USP) (United States Pharmacopea).

Carboximetilcelulosa sódica: Aditivo alimenticio en polvo. Se utilizó la marca de MG Química.

Aceite: se empleó aceite de girasol comercial de la marca Natura.

Métodos

Preparación de las muestras

Se procedió al lavado y cortado de las remolachas. El corte en láminas fue realizado con la ayuda de una mandolina, logrando así, rodajas lo más uniformes posibles. Se realizaron muestras con un grosor de 2,5 mm.

Para la pesada, tanto de las rodajas de remolacha, como para los solutos utilizados para la solución se utilizó una balanza analítica marca OHAUS Traveler modelo TAR1501, con una precisión de 0,1 g y máxima pesada de 1500 g.

Deshidratación osmótica/impregnación, el pretratamiento a la fritura

En un principio se realizó la búsqueda de las concentraciones de soluto para la deshidratación osmótica (DO). Se prepararon varias soluciones hipertónicas combinando concentraciones diferentes de sacarosa, cloruro de sodio, sulfato ferroso y ácido ascórbico en agua destilada, con el objetivo de lograr una pérdida de peso y humedad considerable, además de generar la impregnación de Fe adecuada, sin aumentar significativamente las concentraciones de sodio del producto.

Primero se buscaron las cantidades a utilizar del soluto deshidratante, variando combinaciones entre sacarosa y NaCl dónde se mantuvo una solución del 40 % m/m (40 % sacarosa m/m, 35 % m/m sacarosa y 5 % m/m sodio y 37,5 % m/m sacarosa y 2,5 % m/m sodio). La elección de dicha concentración fue basada en diferentes estudios, donde observaron que concentraciones de soluto (en ese caso de sacarosa) mayores al 40 % aumentan la viscosidad de la solución, requiriendo mayor agitación y gasto energético, con menor transferencia de solutos (Della Rocca y Mascheroni, 2011). Según Teles *et al.* (2006), un exceso de sacarosa en la solución (por arriba de 55 °Brix) puede actuar como una resis-

tencia alrededor del producto disminuyendo la transferencia de masa de agua de la fruta hacia la solución. Por otro lado, también concentraciones más elevadas producen una capa de soluto superficial alrededor de la fruta obstaculizando el pasaje de masa (Ferrari y Hubinger, 2008).

La elección de sacarosa y cloruro de sodio (NaCl) como solutos de la solución, se basa en su bajo costo y disponibilidad en el mercado. Su mezcla formando soluciones ternarias presenta un efecto sinérgico (Della Rocca *et al.*, 2013). Se realizaron ensayos con sacarosa en mayor concentración, reemplazando una parte por NaCl, buscando obtener mayor deshidratación y mejor textura, sin generar un aumento significativo de sodio en el producto.

La concentración de sulfato ferroso se fue ajustando, con el fin de cumplir con los criterios establecidos de un alimento fortificado según el artículo 1363 del CAA, en el capítulo XVII, actualizado en 2021 (CAA, 2021c).

A la solución hipertónica se le agregó ácido ascórbico con el fin de mantener un pH ácido. Las concentraciones empleadas se basaron en experiencias realizadas por Bosco *et al.* (2018).

La temperatura utilizada durante el proceso de DO, la agitación y la relación masa de solución y masa de remolacha, se basaron en varios estudios consultados (Silva Paz *et al.*, 2013; Roche *et al.*, 2015; Bosco *et al.*, 2018 y Della Rocca *et al.*, 2013). Finalmente, se extrajeron muestras durante el proceso de deshidratación/impregnación, a diferentes tiempos, con el fin de evaluar la humedad y determinar la concentración de Fe ganado por el producto.

Ensayos de DO / impregnación

Las láminas de remolacha de 2 mm de espesor fueron sumergidas en la solución hipertónica y colocadas en un recipiente, que fue introducido dentro de un agitador orbital con controlador de temperatura. La relación masa solución / masa de remolacha empleada fue de 4:1. Se agitó a 120-130 rpm y temperatura constante de 40 °C.

Determinación de humedad

Los ensayos fueron realizados por triplicado.

El contenido de la humedad se determinó a través de la pérdida de peso por desecación en estufa, donde la temperatura inicial de la estufa fue de 70 °C durante 2 horas y luego se elevó a 104 °C por 72 horas.

Determinación de concentraciones de Fe impregnado

La concentración de Fe impregnado de las muestras en diferentes tiempos de deshidratación osmótica se determinó por el método ICP-OES (Espectrometría de Emisión Óptica por Plasma de Acoplamiento Inductivo).

Fritura

Búsqueda de temperatura y tiempo óptimo de fritura

Posterior a la DO, se lavaron las láminas para extraer el excedente de sacarosa de la superficie, se secaron con papel absorbente y se pesaron muestras de 100 a 150 g para ser sometidas a una fritura de inmersión, con en aceite de girasol en una relación aceite/remolacha de 6:1. Dentro de los aceites más empleados para la fritura, se eligió el de girasol, por su bajo costo y estabilidad al someterlo a temperaturas elevadas, en comparación con



Fig. 8. Método de Soxhlet para extracción de lípidos

otros (Shinde y Gupta, 2015). La cocción por fritura por inmersión fue realizada en una freidora automática de marca “Moulinex UNO M”, con capacidad para 1 kg de alimento y 1,8 litros de aceite con potencia de 1400 a 1600 W.

Se realizaron frituras a temperaturas de 170 °C y 180 °C y para cada una de ellas se consideraron un rango de tiempo de 2 a 5 minutos. Después de cada fritura se colocaron las rodajas sobre papel absorbente para retirar aceite de la superficie, se pesaron y se tomaron muestras para determinación de lípidos. Basados en los resultados encontrados en estudios realizados por Xie *et al.* (2021), Lumanlan *et al.* (2020) y Garmakhany *et al.* (2012), donde se deduce que la mayor absorción de aceite se produce durante el enfriamiento del producto, las muestras fueron colocadas por un minuto a temperatura -10 °C en un freezer, marca gafa.

Por otra parte, se midieron los compuestos polares totales, con un medidor de aceite de frituras TESTO 270.

Determinación de lípidos por Soxhlet

La muestra sólida pulverizada es colocada en un cartucho de material poroso y colocada en la cámara del extractor Soxhlet. El disolvente del matraz es calentado y al condensar pasa por la muestra extrayendo los analitos solubles. Al alcanzar la parte superior del sifón lateral, el líquido asciende por el sifón retornando al matraz de ebullición. Este ciclo se repite varias veces y posteriormente el disolvente es evaporado. La grasa se mide por pérdida de peso de la muestra.

El análisis de lípidos se hizo por triplicado. Se tomó una muestra de remolacha frita y se llevó a secar a estufa de convección con aire caliente hasta alcanzar peso constante. El disolvente utilizado fue éter de petróleo (35-60 °C). La muestra se dejó durante 3 horas (Figura 8).

El porcentaje en grasa G (%) se calcula según la siguiente expresión:

$$G (\%) = \frac{m_2 - m_1}{M} * 100$$

Donde:

m1: masa del cristizador vacío, g

m2: masa del cristizador con grasa, g

M: peso de la muestra, g

Recubrimiento con CMC

Previo a la inmersión en aceite, las remolachas fueron recubiertas con carboximetilcelulosa (CMC). También se utilizó glicerol al 0,5 %m/m junto con CMC por su característica plastificante (García-Figueroa *et al.*, 2019).

La solución se realizó con agua destilada y CMC al 0,25 y al 0,5 % m/m. Se pesó el CMC en una balanza analítica de marca PI-314 Denver Instrument con precisión de 0,1 mg. El revestimiento fue adherido por dos mecanismos: aspersión e inmersión buscando el tratamiento más efectivo. Las rodajas tratadas por aspersión fueron dispuestas sobre una rejilla y rociadas de ambos lados. Las que fueron inmersas en la solución permanecieron durante 1 minuto. Luego del recubrimiento se colocaron en estufa a 50 °C durante 4 minutos.

Condiciones finales de trabajo en la fritura

Finalmente, las muestras fueron sometidas a fritura profunda con aceite de girasol a una relación aceite/alimento de 6/1, en freidora a 180 °C por 3 minutos. Al finalizar la fritura fueron secadas en papel absorbente y se expusieron a un shock térmico (-10 °C) en freezer durante 1 minuto.

Secado combinado (microondas y convección con aire caliente)

Búsqueda de la potencia y el tiempo óptimo en el secado combinado

Posterior a la fritura, se realizó un secado combinado en microondas y convección con aire caliente, con el objetivo de llegar a una humedad menor al 20% en las rodajas de remolacha, buscando llegar a una textura crujiente.

Para ello, se trabajó con un microondas marca De Longhi, potencia máxima 1000W, capacidad 25 litros; frecuencia: 2450 MHz. Este equipo permite trabajar de forma combinada con convección con aire caliente. Para la experiencia se pesaron muestras de 30 a 50 g de masa de remolacha y se colocaron de forma concéntrica en el plato del microondas a diferentes potencias (50 % y 60 %) y durante distintos tiempos, desde 3 hasta máximo 10 minutos.

Modelado matemático del proceso de fritura y determinación del coeficiente de difusividad efectivo.

Se determinó la humedad para cada tiempo del proceso de fritura para representar la curva de pérdida de humedad con el tiempo.

Modelo de Crank

Se empleó el modelo de Crank que otros investigadores como Math *et al.*, (2004) y Budzaki y Seruga (2005) también usaron para describir el mecanismo de transporte del agua que ocurre en el proceso de fritura. Con este modelo se determinó el coeficiente de difusividad, para lo cual se consideró que el espesor de las láminas de remolacha es significativamente menor que el diámetro de la misma, entonces se utilizó la resolución de la ley de Fick para una geometría de lámina infinita considerando D_{eff} constante.

$$\frac{H_t - H_e}{H_0 - H_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[- D_{eff} (2n + 1)^2 \frac{\pi^2}{4L^2} t \right]$$



Fig. 9. Texturómetro TA-XT plus

Donde:

D_{eff} : es el coeficiente difusivo de pérdida de agua, en m^2/s

n : es el número de término de la serie

L : es el semiespesor de la rodaja, m

t : es el tiempo, s

H_0 y H_t : son los contenidos de agua al inicio y en el instante de tiempo t , respectivamente

H_e : es la cantidad de agua en el equilibrio.

Se consideró que la humedad en el equilibrio es cero y un solo término del desarrollo de la serie para determinar el coeficiente de difusividad efectiva.

Caracterización de textura

La caracterización de la textura fue realizada con un texturómetro *TA-XT plus Texture Analyser* (Figura 9). Se realizaron ensayos de textura para comparar las diferencias con secados finales del producto diferentes: secado por convección con aire caliente y secado combinado (microondas y convección con aire caliente simultánea)

Se realizaron ensayos de compresión - extrusión y corte empleando como base la celda de Kramer con 10 cuchillas de 3 mm de espesor cada una. La célula de ensayos consta de dos piezas, la inferior se trata de un depósito de dimensiones fijas y la superior con 10 hojas de corte que hacen juego con las ranuras de la base en la pieza inferior. Los resultados miden dureza por la fuerza máxima registrada y trabajo de corte por cizalladura. La dureza es la fuerza máxima obtenida durante la primera compresión, imitando al primer mordisco. Representa la fuerza requerida para lograr comprimir un alimento entre los molares, o entre la lengua y el paladar. Se expresa en unidades de fuerza, generalmente Newton.

Los parámetros del equipo para las determinaciones fueron los que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros del texturómetro

Modo de ensayo	Compresión
Prueba de velocidad	1 mm/s
Velocidad post-ensayo	10 mm/s
Distancia recorrida	30 mm

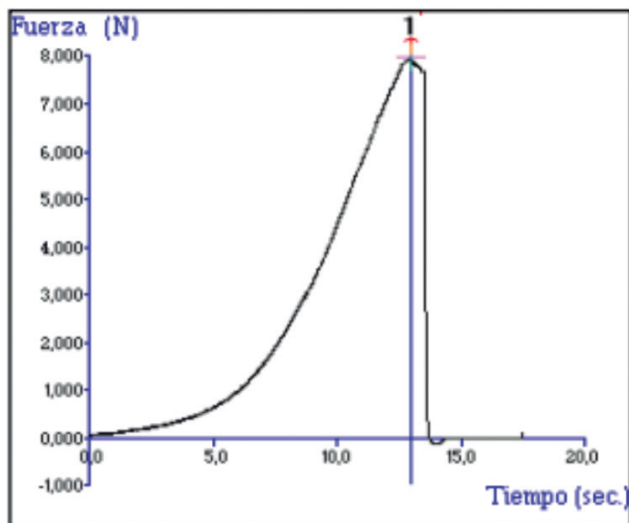


Fig. 10. Curva típica de las mediciones de compresión uniaxial
Fuente: extraído de Reynaldo Silva Paz, 2015.

Las rodajas fueron pesadas previamente, luego se colocaron de una sobre la pieza inferior. El software del equipo volcó las variables de fuerza y tiempo en una curva como la que se presenta en la Figura 10. Los ensayos se realizaron por triplicado.

Determinación de sodio en el producto final

Después de todos los tratamientos, se determinó el contenido de sodio en el producto final por espectrofotometría de absorción atómica

Resultados y discusión

Las condiciones finales del proceso de DO se detallan en la Tabla 3

Proceso de fritura

Temperatura y tiempo óptimo

Se observaron características deseables del snack de remolacha en la fritura a 180 °C durante 3 minutos.

Tabla 3. Condiciones finales seleccionadas para la DO

PARÁMETROS	
Grosor de láminas (mm)	2
Concentración, tipo de soluto (m/m)	sacarosa 40%
Concentración sulfato ferroso (m/m)	0,1%
Concentración ácido ascórbico (m/m)	0,5%
Relación m solución / m remolacha	4 / 1
Temperatura (°C)	40
Agitación (rpm)	120-130
Tiempo de DO (minutos)	30

Tabla 4. Contenido de lípidos luego del proceso de fritura con y sin DO / CMC

Pretratamiento (DO / CMC)		Contenido lípidos (%)
sin DO	Sin CMC	29,81
30' DO	Sin CMC	21,59
sin DO	CMC al 0,25 % por aspersion	29,08
30' DO	CMC al 0,25 % por aspersion	27,41
sin DO	CMC 0,5 % + glicerina 0,5 % por inmersión	24,90
30' DO	CMC 0,5 % + glicerina 0,5 % por inmersión	21,64
sin DO	CMC 0,5 % por inmersión	27,75
30' DO	CMC 0,5 % por inmersión	13,42

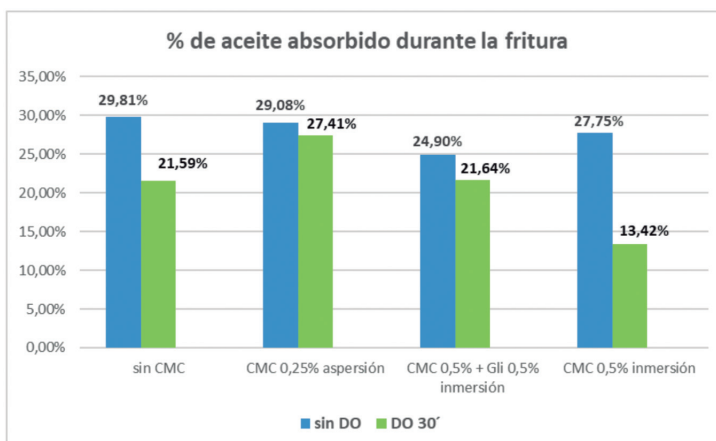


Fig. 11. Contenido de lípidos luego del proceso de fritura

El contenido de lípidos para los diferentes ensayos se presenta en la Tabla 4 y se representa en la Figura 11.

En todas las muestras que recibieron una deshidratación osmótica previa se evidenció una menor absorción de aceite. Una reducción de la humedad, lograda mediante la deshidratación osmótica produciría en consecuencia una menor absorción de lípidos. En el proceso de fritura el calor es transferido del aceite al alimento. Esta energía sirve para evaporar el agua del alimento, transfiriéndose al aceite como burbujas de vapor (Tirado *et al.*, 2012). Según Berry *et al.* (1999) el espacio libre que deja el agua en un alimento es ocupado por el aceite. Entonces, la cantidad de aceite absorbido por un alimento depende en gran medida de su humedad. Por consiguiente, al reducir la cantidad de agua de la remolacha durante el proceso de deshidratación osmótica, la cantidad de aceite que reemplaza a la humedad interior del producto resulta menor, por lo que el nivel de lípidos en el producto es inferior en comparación a un snack que no tiene pretratamiento. Asimismo, el efecto reductor del nivel de absorción de aceites mediante la aplicación de DO también fue evidenciado por Kokrida *et al.* (2001) y Guzmán *et al.* (2012) quienes lograron similares resultados con hojuelas de papa y trozos de papa criolla, respectivamente.

En consonancia con lo anterior, se observa que la muestra con mayor ganancia de lípidos (29,81 %) es la que no tuvo ningún pretratamiento. Adicionalmente, otras muestras fueron recubiertas con hidrocoloides a distintas concentraciones. La aplicación de diferentes hidrocoloides como pretratamiento, según varios autores (Garmakhany *et al.*, 2012, Kizito *et al.*, 2017, Salehi, 2020), son una buena herramienta para disminuir la ganancia de

aceite en variedad de productos fritos. Una concentración de CMC al 0,25 % aplicado por aspersión, arroja valores altos de aceite absorbido, tanto sin, como con DO. Probablemente el alto contenido de lípidos en dichas muestras esté relacionado al instrumento utilizado para la aspersión, no logrando una distribución adecuada de finas gotas de la solución de CMC sobre la matriz. Según Xie *et al.* (2021) los recubrimientos pueden ser aplicados por inmersión o aspersión y depende tanto de la viscosidad, textura, como de la disponibilidad de equipos. La tecnología de pulverización brinda un recubrimiento más uniforme en la superficie superando a la inmersión, pero requiere un dispositivo apropiado para su aplicación.

Para una concentración de CMC de 0,25 % con DO 30 min se obtuvo un valor de lípidos superior que con el proceso de DO sólo. Sin embargo, cuando se recubrió con CMC a una concentración del doble, 0,50 %, la absorción fue casi un 50 % menor. El agregado de glicerina al 0,5 % disminuyó la absorción de lípidos respecto del recubrimiento con solo CMC al 0,25 % pero no pudo mejorar al recubrimiento con CMC al 0,5 % solo. La glicerina empeoró la apariencia y la textura del snack generando una gomosidad indeseable en el producto. El agregado de glicerina en la solución hipertónica opera como plastificante mejorando la flexibilidad y manejo de las películas, manteniendo la integridad del producto (Nucifora, 2021). Su utilización se basó en la experiencia de Yu *et al.* (2016), que incorporaron glicerol a la solución hipertónica de goma guar logrando una reducción del contenido de lípidos post fritura sin efectos negativos en su textura. En nuestro estudio las características organolépticas negativas expresadas anteriormente, bastaron para dejar de utilizarla, ya que el CMC por sí mismo cumple los parámetros buscados en cuanto a lípidos.

Finalmente, el menor contenido de lípidos se logró con un pretratamiento consistente en 30 minutos de DO y recubrimiento por inmersión en solución con CMC al 0,5 %.

Compuestos polares totales en el aceite a diferentes tiempos y temperaturas de proceso

En la Tabla 5 se presentan los valores de componentes polares totales para diferentes temperaturas de fritura y para un tiempo de 3 min, que fue el que se utilizó en las experiencias para obtener el producto final.

Para todas las muestras se empleó aceite de girasol a 170 °C, 180 °C y 190 °C con la intención de comparar los valores de TPM. Mientras la temperatura de fritura fue incrementando se obtuvieron valores mayores para el contenido de componentes polares totales. Esto concuerda con la bibliografía consultada (Montes *et al.*, 2016, Astudillo Rubio, 2018, Tirado *et al.*, 2012, Sauterna, 2009). Es conocido el efecto del incremento de la temperatura en el deterioro de los aceites de fritura, ya que incide directamente en la producción de aldehídos, cetonas responsables de las características organolépticas propias del enranciamiento. En nuestra experiencia se trabajó a 180 °C, lo cual implica que el porcentaje de TPM obtenido (9,5) está 57 % por debajo del valor límite (22 %) establecido en el artículo 552 bis del CAA, actualizado en 2021 (CAA, 2021a).

Tabla 5. Valores de componentes polares totales para diferentes temperaturas de fritura

T° de fritura (°C)	TPM (%)
170	9
180	9,5
190	10,5

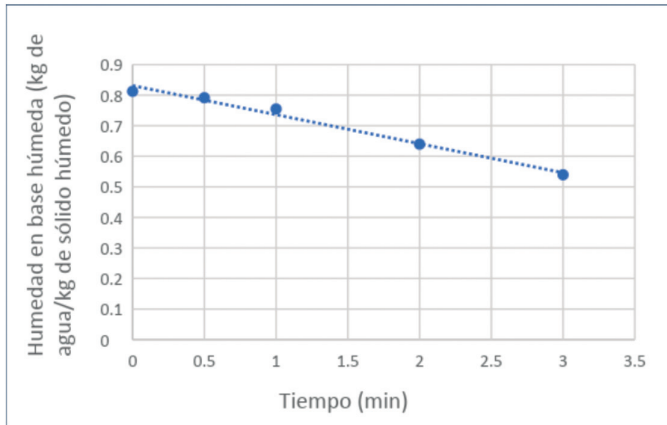


Fig. 12. Humedad en base húmeda en función del tiempo en el proceso de fritura

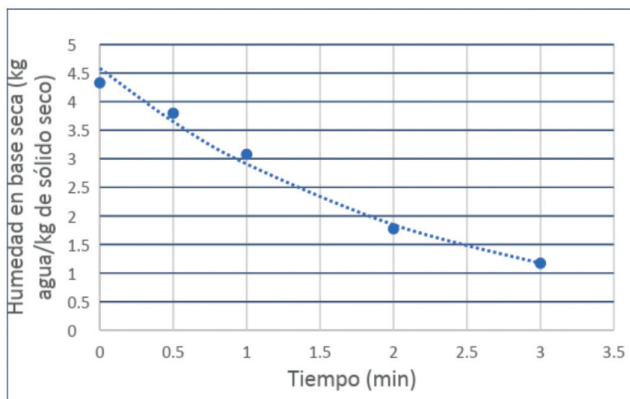


Fig. 13. Humedad en base seca en función del tiempo en el proceso de fritura

Curva de humedad en proceso de fritura

En las Figuras 12 y 13 se exhiben los valores de humedad en rodajas de remolacha en función del tiempo para el proceso de fritura a una temperatura de 180 °C en base húmeda y en base seca, respectivamente. Los datos de humedad se correlacionaron con el tiempo de fritura y se obtuvieron las expresiones que figuran en los gráficos.

Estimación del coeficiente de difusividad del agua en las rodajas de remolacha durante el proceso de fritura

El modelo de Crank se aplicó a los datos experimentales de humedad. En la Figura 14 se puede observar el ajuste. A partir de la pendiente del gráfico se calculó el coeficiente de difusividad efectivo. Su valor es de $2,45 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$, aproximadamente del orden de los encontrados para la fritura de otros vegetales en la literatura. Math *et al.*, 2004 obtuvo coeficientes de difusividad en papa de 2,86, 3,65, 3,87, $5,03 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ para las temperaturas de fritura de 165, 175, 180 y 185 °C considerando placa plana y resistencia externa infinita.

Alvis *et al.*, 2009 estudiaron el proceso de fritura en ñame y hallaron coeficientes de difusión cuyos valores fueron 1,95, 2,59 y $3,24 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ a 140, 160 y 180 °C, respectivamente.

En plátano, variedad Hartón, Castellanos Galeano, 2012 encontró un coeficiente de difusividad efectiva de $15,2 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$, a una temperatura de 170 °C.

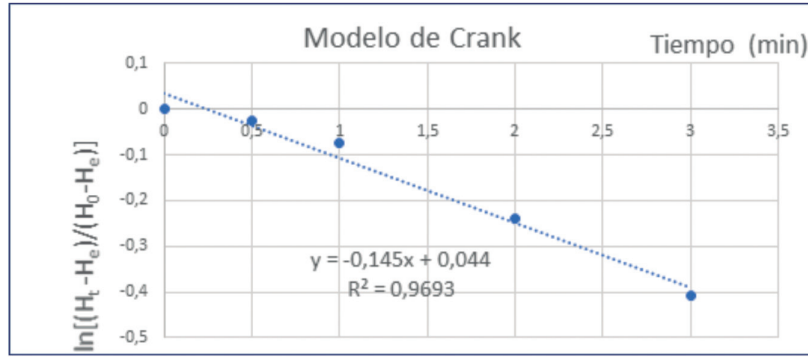


Fig. 14. Ajuste de los datos experimentales de humedad en las rodajas de remolacha durante el proceso de fritura a T: °C con el modelo de Crank

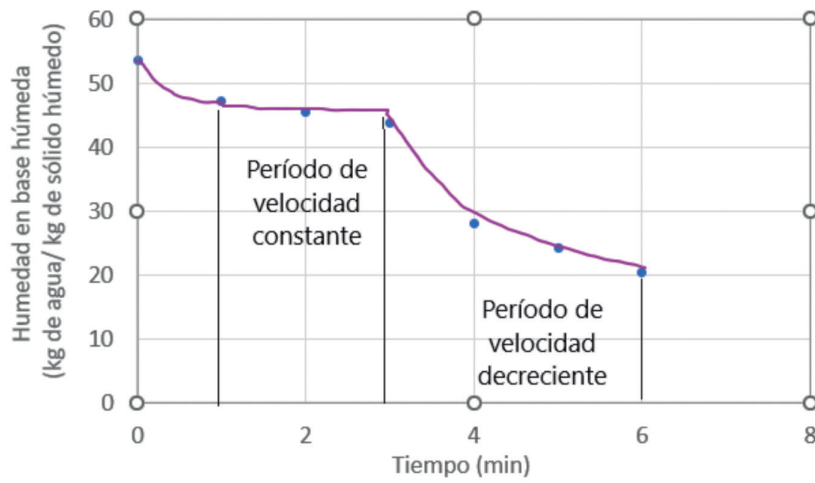


Fig. 15. Valores de humedad en función del tiempo para el proceso de secado combinado (microwondas (60 de potencia) y convección con aire caliente)

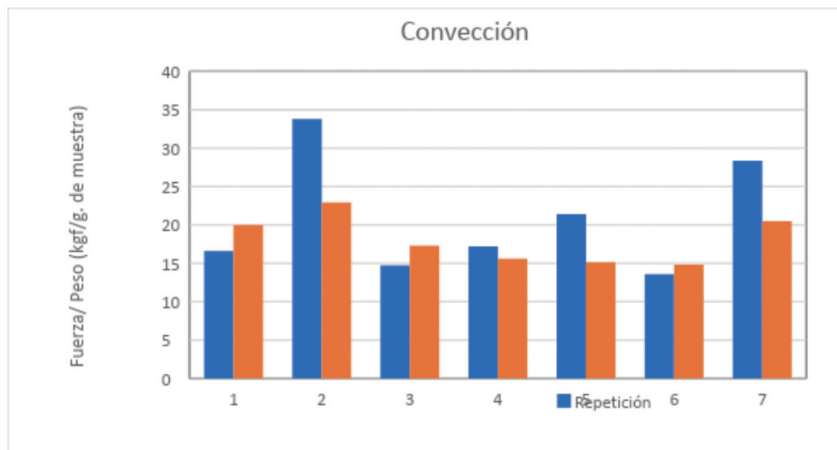


Fig. 16. Fuerza máxima de compresión/ peso de la muestra para muestras con secado final por convección con aire caliente

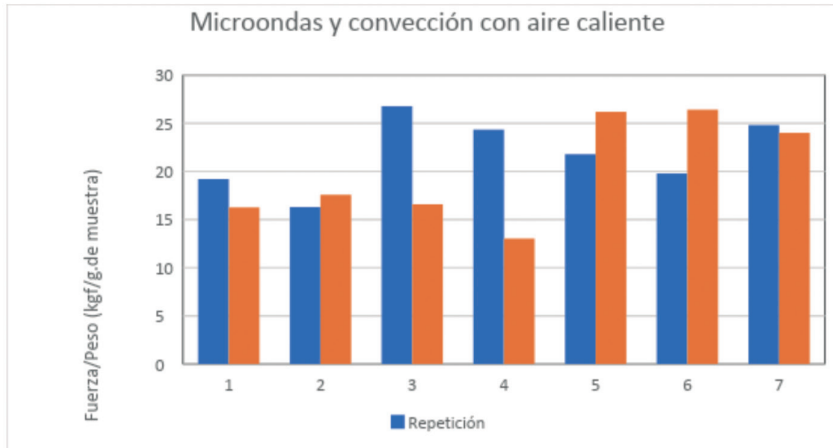


Fig. 17. Fuerza máxima de compresión/peso de la muestra para muestras con secado final combinado microondas (Potencia: 50 %) y convección con aire caliente

Proceso de secado combinado final

Valores de humedad en el proceso de secado combinado (microondas y convección con aire caliente) final

En la Figura 15 se presentan los valores de humedad en función del tiempo para este proceso. Se puede apreciar en el gráfico dos zonas:

- Zona de velocidad de secado constante en el que la superficie del alimento se mantiene saturada de agua. Al finalizar el período de velocidad de secado constante alcanzamos la humedad crítica que depende del espesor del alimento y de las condiciones del aire.
- Zona de velocidad de secado decreciente en el que podemos considerar que el principal mecanismo de secado es la difusión.

Entonces, se puede considerar para las rodajas la ecuación propuesta por Crank (basada en la segunda Ley de Fick) y con estos datos se obtuvo la estimación del coeficiente de difusividad efectivo del agua. El valor obtenido fue de $1,63 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$. El ajuste del modelo de Crank a los datos experimentales R^2 fue de 0,9214.

Resultados de los ensayo de textura

Textura del producto final sometido a diferentes tipos de secado

La textura es un atributo sensorial de importancia relevante para la preferencia de un producto frito y es un parámetro crítico en la calidad final del producto (Kita *et al.*, 2007).

En las Figuras 16 y 17 se presentan los valores de fuerza máxima, que se relaciona con la dureza, dividido por el peso de la muestra en las muestras con secado final por convección con aire caliente y secado final combinado (microondas con convección por aire caliente).

Se calcularon los intervalos de confianza al 95 %. A partir de estos cálculos se pudo inferir que entre los distintos tratamientos no se observan diferencias significativas para un p menor a 0,05. Es decir, las fuerzas en la primera compresión en la mordida para las muestras obtenidas por secado por convección con aire caliente y las muestras obtenidas por secado combinado (microondas y convección por aire caliente) son similares. Por consiguiente, el método de secado final no afectó la dureza de las muestras

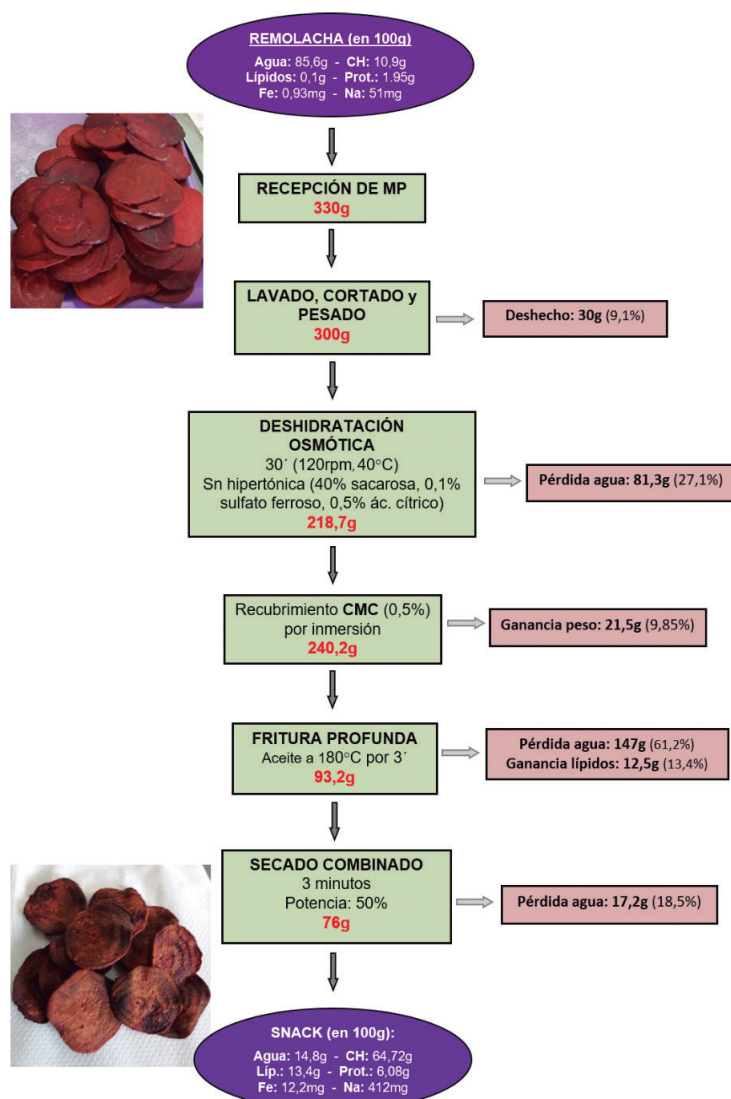


Fig. 18. Diagrama de flujo de elaboración del snack

Condiciones finales de operaciones y diagrama de flujo

Los procesos realizados para la obtención de snack a partir de rodajas de remolacha de bajo contenido lipídico y fortificada con hierro, fueron:

- DO de 30 minutos
- Aplicación de CMC por inmersión al 0,5 % (post aplicación se llevó a estufa a 50 °C por 4 minutos)
- Fritura a 180 °C con aceite de girasol en una relación 6:1 aceite/remolacha por 3 minutos (post proceso se llevó a -18°C por 1 minuto)
- Secado combinado por microondas y convección con aire caliente durante 3 minutos (se logró un menor tiempo para alcanzar la humedad final deseada que con el secado convectivo con aire caliente).

En la Figura 18 se representa el diagrama de flujo.

Conclusiones

Tomando como base la promoción del consumo de hortalizas y la reducción de dos ingredientes críticos como grasas y sodio, se cumple con el doble propósito de encontrarse dentro de las recomendaciones nutricionales y contribuir a la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles.

La formulación obtenida ofrecería al mercado un tentempié fortificado con hierro que utiliza como materia prima la remolacha, vegetal poco utilizado dentro de los productos industrializados lo que promueve el consumo de variedad de frutihortícolas. Se trata de un producto con un 13,4 % en grasas totales, que representa cerca de la mitad del contenido de lípidos en comparación con los productos estudiados ofrecidos por el mercado. Con respecto al contenido de sodio se alcanzó un 54 % menos que el máximo establecido por CAA (412 mg/900 mg).

La concentración de lípidos se consiguió mediante la aplicación, previa fritura, de DO y el revestimiento realizado con CMC al 0,5 % por inmersión.

Asimismo, se logró incrementar su contenido de hierro hasta alcanzar un valor de 12,2 mg/100g de producto, que representa un 22 % del valor diario recomendado por porción. Es importante recalcar que se carecen de estudios de biodisponibilidad del hierro y de su estabilidad en condiciones de almacenamiento, sumado al hecho de que la matriz presenta de manera *in nature*, inhibidores del mineral.

Cabe mencionar también el potencial impacto favorable en la economía local que tiene el diseño de este tipo de snack, ya que podría ser una gran oportunidad para su posible producción a escala y consiguiente transferencia de tecnologías apropiadas para organizaciones y cooperativas de la agricultura familiar.

Referencias

- ACHIR, N.; VITRAC, O., y TRYSTRAM, G., (2008). Simulation and ability to control the surface thermal history and reactions during deep fat frying. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 47(11), 1953-1967. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2008.03.004>
- AGUILERA, J. M., (2002). Fritura de Alimentos. En P. I. (CYTED), *Temas en Tecnología de Alimentos*, volumen 1 (págs. 188-215). México: Alfaomega.
- ALVIS, A.; GONZÁLEZ, A. y ARRÁZOLA, G., (2015). Efecto del Recubrimiento Comestible en las Propiedades de Trozos de Batata (*Ipomoea Batatas Lam*) Fritos por Inmersión. Parte 2: Propiedades Termofísicas y de Transporte. *Información Tecnológica*, vol. 26 (1), 103-116. DOI: [10.4067/S0718-07642015000100012](https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000100012).
- ALVIS, A.; VÉLEZ, C.; RADA.MENDOZA, M.; VILLAMIEL, M. y VILLADA, H., (2009). Heat transfer coefficient during deep-fat frying. *Food Control*, vol 20 (4), 321-325. DOI: [10.1016/j.foodcont.2008.05.016](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.05.016)
- ANDERSON, E. R., y SHAH, Y. M., (2013). Iron Homeostasis in the Liver. *Comprehensive Physiology*, 3(1), 315-330. DOI: [10.1002/cphy.c120016](https://doi.org/10.1002/cphy.c120016)
- ASTUDILLO RUBIO, G. C., (2018). Evaluación del deterioro de aceite vegetal en la preparación de papas fritas. [Tesis de maestría en gestión de la calidad y seguridad alimentaria], Universidad del Azuay, Ecuador.
- BELLO GUTIERREZ, J., (1998). *Ciencia y tecnología culinaria*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
- BERRY, S.; SEHGAL, A. y KALRA, C., (1999). Comparative oil uptake by potato chips during frying under different conditions. *Journal Food Science Technology*, 36, 519-521.
- BOSCO, D.; ROCHE, L.; DELLA ROCCA, P. y MASCHERONI, R., (2018). Osmodehidrocongelación de batata fortificada con Zinc y Calcio. *Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay, INNOTEC* (15), 23-31. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/95449/Osmodehidrocongelaci%C3%B3n_de_batata_fortificada_con_zinc_y_calcio.dd86673a-fd78-4ce1-b8e6-od2f45ec6a1e_A.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acceso: febrero 2022
- BOUCHON, P. y AGUILERA, J. M., (2001). Microstructural analysis of frying potatoes. *International journal of food science & technology*, 36(6), 669-676. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00499.x>
- BOUCHON, P. ; AGUILERA, J. M. y PYLE, D. L., (2003). Structure oil absorption relationships during deep fat frying. *Journal of Food science*, 68(9), 2711-2716. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb05793.x>
- BRANNAN, R.; MAH, E.; SCHOTT, M.; YUAN, S.; CASHER, K.; MYERS, A. y HERRICK, C., (2014). Influence of ingredients that reduce oil absorption during immersion frying of battered and breaded foods. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116 (3), 240-54. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejlt.201200308>
- CAA., (2021a). Capítulo XI. Alimentos vegetales. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/05/capitulo_xi_vegetalesactualiz_2021-08.pdf. Acceso: noviembre 2021.
- CAA., (2021b). Capítulo VII. Alimentos grasos, aceites alimenticios. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/05/capitulo_vii_grasosactualiz_2021-08.pdf. Acceso: mayo 2022
- CAA. (2021c). Capítulo XVIII. Aditivos alimentarios. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat_caa_capitulo_xviii_aditivosactualiz_2021-03.pdf. Acceso: junio 2022.
- CAA. (2021d). Capítulo XVII. Alimentos de régimen o dietéticos. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat_caa_capitulo_xvii_dieteticosactualiz_2021-07.pdf. Acceso: junio 2022.
- CASTELLANOS GALEANO, F., (2012). Efecto de las condiciones del proceso de la fritura por inmersión de rodajas plátano variedad Dominico Hartón (*Musa AAB*), sobre los coeficientes de transferencia de calor y masa, y la calidad fisicoquímica del pro-

- ducto. [Tesis Doctoral], Universidad del Valle. Disponible en: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/14929/EFFECTO%20DE%20LAS%20CONDICIONES%20DEL%20PROCESO%20DE%20LA%20FRITURA%20POR%20INME.pdf?sequence=2>. Acceso: julio 2022.
- CRANK, J., (1975). *The mathematics of diffusion*, Second Edition, UK. Oxford University Press.
- DARAEI GARMAKHANY, A.; MIRZAEI, H. O.; MAGHSUDLO, Y.; KASHANINEJAD, M. y JAFARI, S. M., (2012). Production of low fat french-fries with single and multi-layer hydrocolloid coatings. *Journal of Food Science and Technologie*, 51 (7), 1334-1341. DOI: 10.1007/s13197-012-0660-9
- DELLA ROCCA, P. A.; ROCHE, L. A. y MASCHERONI, R. H., (2013). Estudio de la transferencia de agua durante la deshidratación osmótica de zanahoria. *Proyecciones*, Vol.11 (N^o2), 81-91.
- DELLA ROCCA, P. A. y MASCHERONI, R., (2011). Deshidratación de papas por métodos combinados de secado: deshidratación osmótica, secado por microondas y convección con aire caliente. *Proyecciones*, Vol.9(2), 11-26. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/73071/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acceso: marzo 2022.
- DOBARGANES, C. y MÁRQUEZ-RUIZ, G., (2015). Possible adverse effects of frying with vegetable oils. *British Journal of Nutrition*, 13 (S2), S49-S57. Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/BAFA919B036723C095287BE003AA5A3A/S0007114514002347a.pdf/possible-adverse-effects-of-frying-with-vegetable-oils.pdf>. Acceso: mayo 2022.
- DOBARGANES, C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G. y VELAZCO, J., (2000). Interactions between fat and food during deep-frying. *European Journal of Lipid Science and Technologie*, 102 (8-9), 521-528. DOI: [https://doi.org/10.1002/1438-9312\(200009\)102:8/9<521::AID-EJLT521>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/1438-9312(200009)102:8/9<521::AID-EJLT521>3.0.CO;2-A)
- FENNEMA, O. R., (2000). *Química de los alimentos*. Zaragoza, España: Acirbia.
- FERRARI, C. C. y HUBINGER, M. D., (2008). Evaluation of the mechanical properties and diffusion coefficients of osmodehydrated melon cubes. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(11), 2065-2074. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01824.x>
- FORRELLAT BARRIOS, M., (2016). Regulación del metabolismo del hierro: dos sistemas, un mismo objetivo. *Revista cubana de hematología, inmunología y hemoterapia*, 32(1), 4-14. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/hih/v32n1/hiho2116.pdf>. Acceso: marzo 2022.
- FORRELLAT BARRIOS, M. ; GAUTIER DU DEFAIX GOMEZ, H. y FERNANDEZ DELGADO, N., (2000). Metabolismo del hierro. *Revista cubana de hematología, inmunología y hemoterapia*, 16(3), 149-160. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/hih/v16n3/hiho1300.pdf>. Acceso: marzo 2022.
- GAMBOA-SANTOS, J.; RODRÍGUEZ, J.; CARVAJAL, G. y PILAMALA, A., (2016). Aplicación de tecnologías emergentes al procesamiento de frutas con elevada calidad nutricional. *Revista colombiana de investigaciones agroindustriales* 3, 57-75. <https://doi.org/10.23850/24220582.361>
- GARCÍA-FIGUEROA, A. G.; AYALA-APONTE, A. y SÁNCHEZ-TAMAYO, M. I., (2019). Efecto de recubrimientos comestibles de Aloe vera y alginato de sodio sobre la calidad poscosecha de fresa. *Revista U. D. C. A. Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2). DOI:10.31910/rudca.v22.n2.2019.1320.
- GONZÁLEZ URRUTIA, R., (2005). Biodisponibilidad del hierro. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 14(26), 6-12. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-14292005000100003&script=sci_arttext. Acceso: febrero 2022.
- GUZMÁN, L.; ACEVEDO, D. y GRANADOS, C., (2012). Efecto del escaldado, deshidratación osmótica y recubrimiento en la pérdida de humedad y ganancia de aceite en trozos de papa criolla frita. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, vol. 10 (2), 170-176. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n2/v10n2a20.pdf>. Acceso: junio 2022.
- JUÁRES, M. D. y SAMMÁN, N., (2007). El deterioro de los aceites durante la fritura.

- Revista Española de Nutrición Comunitaria, 13(2), 82-94. Disponible en: <https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/0032007.pdf>. Acceso: abril 2022.
- KAPADIA, G. J. y ROA, G. S., (2013). Anticancer effect of red beet pigments. En *Red Beet Biotechnology* (págs. 124-154). Springer. DOI: 10.1007/978-1-4614-3458-0_7
- KAPADIA, G. J.; TOKUDA, H.; KONOSHIMA, T. y NISHINO, H., (1996). Chemoprevention of lung and skin cancer by Beta vulgaris (beet) root extract. *Cancer letters*, 100(1-2), 211-214. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-3835\(95\)04087-0](https://doi.org/10.1016/0304-3835(95)04087-0).
- KAPETANAKOU, A.; MANIOS, S. y SKANDAMIS, P., (2014). Application of Edible Films and Coatings on Food. En I. S. Boziaris, *Novel food preservation and microbial assessment techniques* (págs. 237-273). CRC Press.
- KITA, A.; LISIÁSKA, G. y GOLUBOWSKA, G., (2007). The effects of oils and frying temperatures on the texture and fat content of potato crisps. *Food Chemistry* 102 (1), 1-5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.08.038>
- KIZITO, K. F.; ABDEL-AAL, M. H.; RAGAB, M.H. y YOUSSEFF, M. M., (2017). Quality attributes of French fries as affected by different coatings, frozen storage and frying conditions. *Journal of agriculture Science and Botany*, 1 (1), 23-29. DOI: 10.35841/2591-7897.1.1.18-24
- KROKIDA, M.; OREOPOULOU, V.; MAROULIS, Z. y KOURIS, D., (2001). Effect of osmotic dehydration pretreatment on quality of french fries. *Journal of Food Engineering*, 49 (4), 339-345. DOI.: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00232-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00232-6)
- LATORRE, M. E., (2011). Influencia de las radiaciones gamma y de microondas en las características químicas, bioquímicas y mecánicas de tejidos vegetales con especial referencia a Beta vulgaris L var conditiva. [Tesis Doctoral], Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Disponible en: http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n5042_Latorre Acceso: septiembre 2021.
- LÓPEZ, L. B. y SUÁREZ, M. M., (2010). *Fundamentos de nutrición normal*. Buenos Aires: El Ateneo.
- LUMANLAN, J. C.; FERNANDO, W. M. A. D. B. y JAYASENA, V., (2020). Mechanisms of oil uptakes during deep frying and applications of predrying and hydrocolloids in reducing fat content of chips. *International Journal of Food Science and Technologie*, 55 (4), 1661-1670. DOI: 10.1111/ijfs.14435
- MATH, R. G.; VELU, V.; NAGENDER, A. y RAO, D. G., (2004). Effect of frying conditions on moisture, fat, and density of papad. *Journal of Food Engineering*, 64 (4), 429-434. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.11.010>.
- Ministerio de Salud y Desarrollo Social. (2019). 2º Encuesta Nacional de Nutrición y Salud. Indicadores priorizados (septiembre 2019). Disponible en: <https://bancos.salud.gob.ar/recurso/2deg-encuesta-nacional-de-nutricion-y-salud-indicadores-priorizados> Acceso: noviembre 2021.
- MONTES, O. N.; MILLAR, M. I.; PROVOST, L. R.; MARTÍNEZ M. N.; FERNÁNDEZ, Z. D.; MORALES, I. G. y VALENZUELA, B. R., (2016). Absorción de aceite en alimentos fritos. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(1), 87-91. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v43n1/art13.pdf>. Acceso: abril 2022.
- MORALES, V. y SANTACRUZ, S., (2017). Uso de Películas Comestibles a Base de Carboximetilcelulosa y Goma Xantana para la Disminución de Absorción de Grasa de Malanga Frita (*Xanthosoma Sagittifolium*). *Revista Politécnica* 40 (1), 7-12. Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rpolit/v40n1/2477-8990-rpolit-40-01-00007.pdf>. Acceso: mayo 2022.
- MSAL. (2020). *Guías Alimentarias para la Población Argentina*. Disponible en: <https://bancos.salud.gob.ar/recurso/guias-alimentarias-para-la-poblacion-argentina> Acceso: noviembre 2021.
- NIETO, M. B., (2009). Structure and Function of Polysaccharide Gum-Based Edible Films and Coating. En K. C. Huber, & M. Embuscado, *Edible Foods and Coatings for Food Applications* (págs. 57-112). New York: Springer. DOI: 10.1007/978-0-387-92824-1_3.
- NUCIFORA, M.V., (2021). Recubrimientos comestibles para prolongar la vida útil de arándanos. Tesina de grado, Universidad de Belgrano, Facultad de ciencias exactas y naturales.

OPS. (2015) Alimentos y bebidas ultraprocesados en América Latina: tendencias, efecto sobre la obesidad e implicaciones para las políticas públicas. Disponible en: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/7698/9789275318645_esp.pdf. Acceso: julio 2022.

PARAMASIVAM, S. K.; DAVID, A. K.; MARIMUTHU SOMASUNDARAM, S.; SUTHANTHIRAM, B.; SHIVA, K. y SUBBARAYA, U., (2021). Influence of food hydrocolloids on the structural, textural and chemical characteristics of low-fat banana chips. *Food science and technology international*, 1-13. DOI: 10.1177/10820132211003708.

PEDRESCHI, F. y MOYANO, P., (2005). Oil uptake and texture development in fried potato slices. *Journal of Food Engineering*: 70(3), 557-563. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.10.010>.

PITA MARTÍN DE PORTELA, M. L., (2015). Aspectos nutricionales de vitaminas y minerales en el siglo XXI. Buenos Aires: Asociación Argentina de Tecnólogos Alimentarios.

ROCHE, L. A.; SILVA PAZ, R. J.; LANGUASCO, J. M.; DELLA ROCCA, P. A. y MASCHERONI, R. H., (2015). Papas fortificadas con calcio y vitamina C conservadas por osmódehidrocongelación y envasadas en atmósfera modificada. *Proyecciones*, Vol.13(1), 79-88. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/74899/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acceso: marzo 2022.

RODRIGUEZ, D. L. P. G. C.; ZULUAGA, G.C.; PUERTA, P. L. F. y RUIZ, L. V., (2013). Evaluación de parámetros fisicoquímicos en el proceso de fritura de banano osmódehidratado. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1), 123-129. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a15.pdf>. Acceso: junio 2022.

SALEHI, F., (2020). Effect of coatings made by new hydrocolloids on the oil uptake during deep-fat frying: A new review. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44 (11), 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.14879>.

SAUTERNA HURTADO, A. C., (2009). La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. *Perspectiva en Nutrición Humana*, Vol.11 (Nº1), 39-53. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/penh/v11n1/v11n1a4.pdf>. Acceso: abril 2022.

SENER, F. y SCHERZ, H., (1991). El pequeño Souci-Fachman-Kraut. *Tabla de composición de alimentos*. Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Garching bei München, Stuttgart (Deutschland).

SHARMA, K. K., (2003). Improving bioavailability of iron in Indian diets through food-based approaches for the control of iron deficiency anaemia. *Food Nutrition and Agriculture*, (32), 51-61. Disponible en: <https://www.fao.org/3/y8346m/y8346mo6.pdf>. Acceso: febrero 2022.

SHINDE, P. y GUPTA, S., (2015). Comparative Study of Oxidative Degradation of Selected Vegetable Oils during Deep Frying. *International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science*, Vol IV (IV), 21-24. Disponible en: <https://www.ijltemas.in/DigitalLibrary/Vol.4Issue4/21-24.pdf>. Acceso: abril 2022.

SILVA PAZ, R. J.; DENOYA, G. I.; LANGUASCO, J. M. y DELLA ROCCA, P. A., (2013). Evaluación de los parámetros de color y de textura del zapallo anco (*Cucurbita moschata*, D.) sometido a diferentes tratamientos de deshidratación osmótica. *Proyecciones*, Vol.11(1), 69-80. Disponible en: <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/5706/Proyecciones%202013%20Abril%20-%20Silva%20Paz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acceso: abril 2022.

SILVA PAZ, R. J.; ROCHE, L. A.; DELLA ROCCA, P. A. y MASCHERONI, R. H., (2015). Papa osmódehidrocongelada fortificada con calcio. In IV Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CLICAP) (San Rafael, Mendoza, 15 al 17 de abril de 2015).

TELES, U. M.; FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S.; LIMA, A.; MAIA, G. y FIGUEIREDO, R. W., (2006). Optimization of osmotic dehydration of melons followed by air-drying. *International Journal of Food and Technology*, 41, 674-680. Disponible en: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2621.2005.01134.x>. Acceso: junio 2022.

TIRADO, D. F.; ACEVEDO CORREA, D. y GUZMÁN ENRIQUE, L., (2012). Freído por in-

- mersión de los alimentos. Revista ReCiTeLA, 12(1), 72-82. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/258519821_Freido_por_inmersion_de_los_alimentos. Acceso: mayo 2022.
- Universidad Nacional de Luján (2010). Tablas de composición química de Alimentos. Argenfood. Actualizada al 10 de enero 2011. Disponible en: <http://www.argenfoods.unlu.edu.ar/Tablas/Grupo/Vegetales.pdf>. Acceso: octubre 2021.
- VALLE-GUADARRAMA, S.; LÓPEZ-RIVERA, O.; REYES-VIGIL, M.; CASTILLO-MERINO, J. y SANTOS-MORENO, A., (2008). Recubrimiento comestible basado en goma arábiga y carboximetilcelulosa para conservar frutas en atmósfera modificada. Revista Chapingo Serie Horticultura 14(3), 235-241. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/609/60914301.pdf>. Acceso: marzo 2022.
- XIE, D.; GUO, D.; GUO, Z.; HU, X.; LUO, S. y LIU, C., (2021). Reduction of oil uptake of fried food by coatings: a review. International Journal of Food Science and Technology. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.15266>.
- YIANNIKOURIDES, A. y LATUNDE-DADA, G. O., (2019). A Short Review of Iron Metabolism and Pathophysiology of Iron Disorders. Medicines 6(3), 85. DOI: [10.3390/medicines6030085](https://doi.org/10.3390/medicines6030085).
- YU, L.; LI, J.; DING, S.; HANG, F. y FAN, L., (2016). Effect of guar gum with glycerol coating on the properties and oil absorption of fried potato chips. Food Hydrocolloids, 54, 211–219. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.10.003>.
- ZIAIIFAR, A. M. ; ACHIR, N. ; COURTOIS, F. ; TREZZANI, I. y TRYSTRAM, G., (2008). Review of mechanisms, conditions, and factors involved in the oil uptake phenomenon during the deep-fat frying process. International journal of food science and technology, 43 (8), 1410-1423. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01664.x>.