

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

Efecto de películas comestibles a base de carboximetilcelulosa y/o goma xanthan
en la fritura de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*)

VANESSA MORALES GARZON

STALIN SANTACRUZ, Ph.D., Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniera en
Alimentos

Quito, diciembre de 2013

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

Efecto de películas comestibles a base de carboximetilcelulosa y/o goma xanthan en la fritura de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*)

Vanessa Cristina Morales Garzón

Stalin Santacruz, Ph.D.
Director de tesis

.....

Javier Garrido, MSc.
Coordinador de Ing. en Alimentos

.....

Lucía Ramírez Cárdenas, Ph.D.
Miembro del comité de tesis

.....

Ximena Córdoba, Ph.D.
Decana de la Escuela de Ingeniería
Colegio de Ciencias e Ingeniería

.....

Quito, diciembre de 2013

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: _____

Nombre: Vanessa Cristina Morales Garzón

C. I.: 1719633958

Fecha: Quito, diciembre de 2013

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, hermanos y abuelita por su apoyo incondicional y consejos que me guiaron para conseguir una meta más en mi vida y a mi tutor Stalin Santacruz que me ayudó durante este tiempo con sus conocimientos y experiencia para el desarrollo de esta investigación. También quiero agradecer a mis profesores: Mario Caviedes Javier Garrido, Lucía Ramírez, Francisco Carvajal y. Y agradezco a Dios por guiar mi camino dándome fortaleza y sabiduría.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue investigar la influencia de los hidrocoloides (CMC y goma xanthan) en la absorción de aceite en tiras de malangas fritas. Las muestras se recubrieron con películas de carboximetilcelulosa (CMC) y goma xhantan en concentraciones de 0,5% y 1,5% y se probaron dos tiempos de inmersión 0,5 minutos y 2 minutos. Las muestras no revestidas se utilizaron como referencia. En comparación con la referencia, una reducción de 63,39% y 72,88% en la absorción de grasa fue observada para las muestras recubiertas con goma xanthan y CMC (concentración 1,5% -tiempo de inmersión 0,5 minutos), respectivamente. Este resultado mostró que el CMC es el hidrocoloide más eficaz para la producción de tiras de malanga fritas bajas en grasa. A lo largo del estudio se encontró que mientras mayor es la pérdida de humedad durante la fritura en grasa, la absorción de aceite también aumenta.

ABSTRACT

The aim of this research was to investigate the influence of hydrocolloids (CMC and xanthan gum) on the oil absorption in fried malanga's strips. Samples were coated with carboximethylcellulose (CMC) and xanthan gum films, the used concentrations were 0,5% and 1,5% and two immersion periods were proved 0,5 minutes and 2 minutes. Uncoated samples were used as reference. Compared with the reference, a reduction of 63,39% and 72,88% in fat uptake was observed for samples coated with, xanthan gum and CMC films (concentration 1,5% and immersion time 0,5 minutes), respectively. These results showed that CMC was the most effective hydrocolloid for low fat fried malanga strips production. Throughout the study it was found that as higher is the moisture loss during the deep-fat frying, the oil uptake also increases.

Tabla de Contenido

1. Introducción:.....	12
1.1 Antecedentes:	12
1.2 Justificación:	14
2. Objetivos:	16
2.1 Objetivo general:	16
2.2 Objetivos específicos:.....	16
3. Hipótesis:	16
4. Metodología:	16
4.1 Materiales y Aditivos:	16
4.1.1 Materia prima:	16
4.1.2 Aditivos:	18
4.1.3 Procesamiento:	19
4.2 Métodos analíticos:	20
4.2.1 Determinación de Grasa Superficial (Bouchon, 2003):	20
4.2.2 Determinación de Grasa Total (AOAC, 1984):.....	21
4.2.3 Determinación de humedad (Primo-Martin, et al., 2010):	21
4.2.4 Otras determinaciones:	22
4.3. Métodos Estadísticos	22
4.3.1 Diseño experimental.....	22
5. Resultados y Discusión:	24

6. Conclusiones:	34
7. Recomendaciones:	35
8. Bibliografía:	36
9. Anexos:	40
Anexo 1: Procesamiento malanga.....	40
Anexo 2: Comparación de resultados con la referencia.....	41
Anexo 3: Resumen de las medias de las variables de respuesta.....	42

Lista de Tablas y Figuras

<i>Tabla 1. Comparación de los componentes de los tubérculos más consumidos por la población ecuatoriana (100g, base húmeda).....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 2. Contenido de minerales y vitaminas de la malanga (100 g, base húmeda)</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 3. Tratamientos combinación concentración de hidrocoloide y tiempo de inmersión.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) de grasa superficial de los tratamientos (goma xanthan).</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 5. Contenido de grasa superficial en los tratamientos (goma xanthan)</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 6. . Análisis de varianza (ANOVA) de grasa total de los tratamientos (goma xanthan)..</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 7. Contenido de grasa total en los tratamientos (goma xanthan)</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 8. Análisis de varianza (ANOVA) de humedad de los tratamientos (goma xanthan).....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 9. Contenido de humedad en los tratamientos (goma xanthan).....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 10. Análisis de varianza (ANOVA) de grasa superficial de los tratamientos (CMC).....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 11. Contenido de grasa superficial en los tratamientos (CMC)</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 12. Análisis de varianza (ANOVA) de grasa total de los tratamientos (CMC).....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 13. Contenido de grasa total en los tratamientos (CMC).....</i>	<i>32</i>

<i>Tabla 14. Análisis de varianza (ANOVA) de humedad de los tratamientos (CMC).....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 15. Contenido de humedad en los tratamientos (CMC).....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 16. Comparación de los resultados del mejor tratamiento de CMC A2B1 y goma xanthan A2B1 relacionándolos con la referencia.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 17. Resumen de las medias obtenidas en las variables de respuesta en goma xanthan y CMC.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura1. Diagrama de flujo del procesamiento de malanga.....</i>	<i>40</i>

1. Introducción:

1.1 Antecedentes

Las películas y revestimientos, como la cera en varias frutas, han sido usados por siglos para prevenir la pérdida de humedad y para crear una superficie brillante con propósitos estéticos. En 1967, las películas comestibles tuvieron un pequeño uso comercial, y fueron limitadas en su mayoría a capas de ceras en frutas. Durante los siguientes años el negocio creció, en 1996 se instauraron 600 compañías que ofrecían este tipo de productos en EE.UU. Hoy en día, el uso de películas comestibles se ha expandido para una variedad de productos, con un ingreso anual total superior a \$100 millones (Pavlath, 2009). El uso de revestimientos y películas por la industria de alimentos ha sido un tema de interés, por su potencial de incrementar la vida útil de varios productos. Mediante la selección de los materiales adecuados y la tecnología de empaque correcta, es posible que se mantenga la calidad y la frescura de los alimentos.

Varios estudios en los recientes años se han centrado en la cuantificación de las propiedades de barrera de las películas comestibles. Aunque la mayoría de los esfuerzos, están destinados al estudio de la permeabilidad al agua y al oxígeno de las películas, la atención ha incrementado por sus propiedades para retener aromas así como las características que le dan al producto en relación a lo óptico y sensorial. Además de varias ceras, monoglicéridos acetilados, zeínas, colágeno, gomas y derivados de celulosa que han sido comúnmente usados en alimentos, la proteína de soya, caseína, proteína de suero, triglicéridos, ácidos grasos, alginato, carragenina, aloe vera y quitosano son otros materiales que han recibido mayor atención para la formación de películas (Yam, 2009). Investigaciones de nuevos materiales, desarrollo de formación de películas y los nuevos métodos de recubrimientos han incrementado la posibilidad de aplicaciones comerciales de las películas. Asimismo, la adición de antioxidantes y antimicrobianos a las películas comestibles han reforzado su función protectora.

Las películas comestibles y recubrimientos proporcionan varios beneficios de acuerdo al producto. El mantenimiento y mejoramiento de la calidad son funciones importantes de

las películas; estas pueden retardar la deshidratación de la superficie, la absorción de humedad, la oxidación de ingredientes, la pérdida de aromas, la absorción de aceite en la fritura y el envejecimiento y deterioración microbiana de los productos (Quintero, 2010).

Las propiedades de barrera contra el oxígeno de las películas pueden prevenir la oxidación de los ingredientes lipídicos, colorantes y sabores de los productos como nueces, confitería, productos fritos, carne con alto contenido de grasa y productos de pescado, entre otros. Varias frutas climatéricas y vegetales pueden ser recubiertos con películas para disminuir la velocidad de respiración. Las propiedades de barrera contra la humedad de las películas comestibles protegen a las frutas y vegetales de la pérdida de humedad que es el factor más crítico que determina la degradación de los productos frescos. Esta propiedad también puede ser utilizada para prevenir la migración de humedad entre ingredientes de los productos, por ejemplo entre pasas y cereales de desayuno, rellenos de pasteles y la corteza (Han, 2005).

Durante el proceso de mezcla de materia prima, los compuestos activos se pueden añadir a las películas comestibles y soluciones de recubrimientos. Estos incluyen antioxidantes, agentes antimicrobianos, aromatizantes, pigmentos y nutrientes. En tales casos, los grupos funcionales del material comestible se pueden unir a los aditivos dentro de la matriz polimérica. Por ejemplo, la nisina añadida a las películas comestibles de alginato mostraron actividad antimicrobiana frente a *Staphylococcus* cuando se aplicó en carne. Aditivos de pigmentos transportados por materiales comestibles, podrían mejorar la apariencia de productos durante el almacenamiento. De igual manera, se demostró que las películas comestibles compuestas con goma de xanthan, lactato de calcio y α -tocoferol pueden disminuir la decoloración blanca, pero aumentar el color naranja de zanahorias durante 3 semanas de almacenamiento. También, el estudio mostró, que la película comestible ayudó a mantener el contenido de β -caroteno, y aumentó el valor nutricional de la vitamina E y calcio en las zanahorias (Mei, 2002).

La capacidad de las películas comestibles para mejorar las propiedades mecánicas de algunos productos frágiles se ha discutido previamente. Por ejemplo, películas de quitosano en fresas disminuyeron daños mecánicos durante el almacenamiento, el procesamiento y el transporte de la fruta. Sin embargo, películas comestibles a base de proteínas y carbohidratos tienen menos fuerza de tensión debido a su fuerte densidad de

energía cohesiva. Debido a esto, tienden a formar películas quebradizas sin la adición de plastificantes. Sin embargo, esta propiedad podría ser utilizada para proporcionar un disco de concha protectora a la capa externa de determinados productos. Algunos ejemplos de plastificantes que pueden utilizarse en estas películas incluyen glicerol, manitol y sorbitol. Los recubrimientos comestibles también puede mejorar la apariencia y el sabor de un producto. La cera en frutas (por ejemplo, los limones, las naranjas, las manzanas) hacen que el producto parezca brillante, también actúa como una barrera contra la humedad que reduce el marchitamiento del producto (Pascall, 2013).

1.2 Justificación

Actualmente, la exigencia de los consumidores en el momento de elegir un producto alimenticio que tenga un valor agregado desde el punto de vista funcional es cada vez mayor. Aunque los productos fritos aún tienen su preferencia en el mercado, el interés en productos bajos en grasa ha aumentado, debido a que la ingesta excesiva de grasa está relacionada con el aumento del colesterol sanguíneo, presión arterial alta y enfermedades cardíacas (Singthong, 2009).

Las papas fritas son consumidas mundialmente debido a sus propiedades sensoriales obtenidas durante el proceso de fritura como son: sabor, una corteza crujiente y un interior húmedo. La fritura es un proceso de cocción y secado que implica tanto la transferencia de calor como de masa, dando como resultado el flujo en direcciones opuestas de vapor de agua y aceite (Bouchon, 2003). Estudios han indicado que existe una relación directa entre la absorción de grasa durante la fritura y el contenido de humedad. Otras investigaciones muestran que la mayor absorción de grasa se da después de que las papas son sacadas de la freidora, al producirse la condensación del vapor que da lugar a un efecto de vacío, haciendo que el 15% del total de grasa absorbida se quede en el interior y el restante en la superficie (Pahade, 2012). Con el objetivo de hacer que los productos fritos sean más saludables y atractivos para los consumidores, se ha recurrido al uso de películas comestibles.

Las películas comestibles limitan la pérdida de humedad del producto, disminuyendo así la absorción de aceite. La efectividad de una película comestible depende de su composición y micro-estructura que va a determinar las propiedades mecánicas para su acción como barreras protectoras en los alimentos. Las películas pueden ser compuestas de polisacáridos, proteínas, lípidos o de sus combinaciones. En el grupo de los polisacáridos se encuentran pectinas, gomas, quitosano, carragenina y los derivados de celulosa que son principalmente metilcelulosa (MC), hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) y carboximetilcelulosa (CMC).

En la formación de películas comestibles, la goma guar se utiliza como ligante de agua, estabilizador y formador de viscosidad. La goma de xanthan se dispersa fácilmente en agua, por lo tanto, se obtiene alta consistencia rápidamente tanto en sistemas calientes como en fríos (Skurtys, 2010). Por su parte, los derivados de celulosa, poseen habilidades de formar películas gelatinosas inducidas térmicamente, son usados como barreras para la absorción de lípidos (Bourtoom, 2008). Las películas formadas por soluciones acuosas de MC, HPMC, HPC y CMC tienden a tener dureza moderada, son resistentes a grasas y aceites, flexibles, inodoras, incoloras, sin sabor, solubles en agua y barreras moderadas al oxígeno (Skurtys, 2010).

La materia prima con la cual se realizó el recubrimiento fue el corno de la malanga, cuya estructura es similar al tubérculo de la papa. En la malanga no se han realizado estudios en lo que respecta al empleo de las películas comestibles.

La malanga en el mercado ecuatoriano presenta un consumo prácticamente inexistente. Estados Unidos y los países asiáticos son los principales consumidores mundiales.

En el presente estudio se pretende evaluar el efecto de la aplicación de películas comestibles a base de CMC y goma xanthan previo a la fritura de malanga con el objetivo de reducir la absorción de grasa. Esto podría presentar una alternativa al consumo de papas fritas, con un tubérculo que no ha sido explotado en el ámbito nacional.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

- Comprobar el efecto de la aplicación de películas comestibles a base de carboximetilcelulosa y/o goma xanthan previo a la fritura de malanga para reducir la absorción de aceite.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar las concentraciones de CMC, goma xanthan y los tiempos de inmersión más efectivos para la elaboración de películas.
- Determinar los porcentajes de absorción de grasa en la malanga frita.

3. Hipótesis

Existen diferencias en el porcentaje de grasa total, superficial y humedad en las combinaciones concentración y tiempo de inmersión empleadas en la malanga frita.

4. Metodología

4.1 Materiales y aditivos

4.1.1 Materia prima

- Malanga

La malanga o *Xanthosoma sagittifolium* (L.) es originaria de los trópicos americanos. Es un tubérculo ubicado en el sexto puesto en las áreas de producción y plantación mundial, después de la yuca, papa, camote, ñame y taro. Las áreas principales

de distribución del cultivo son: el Caribe, América Central, Sudamérica, Estados Unidos y Asia tropical (FAO, 2010).

La producción de malanga en el año 2007 a nivel mundial fue de 10 millones de toneladas, aproximadamente, de las cuales Nigeria aportó con más del 50 por ciento. En América, la producción de malanga no figura como un cultivo principal, sin embargo, se produce en Nicaragua, Ecuador, Puerto Rico, República Dominicana y Costa Rica. Los problemas de carácter fitosanitarios en estos países han ocasionado una disminución en la demanda del principal mercado receptor Estados Unidos (Martínez, 2009).

En comparación con otros tubérculos más consumidos en la dieta diaria, la malanga contiene un bajo contenido de calorías y un alto contenido de proteínas comparado con el camote y la yuca (Tabla 1). Con respecto al contenido de vitamina C, no se evalúa su aporte a la dieta debido a que el producto se consume cocido, lo que afecta al contenido de esta vitamina.

Tabla 1. Comparación de los componentes de los tubérculos más consumidos por la población ecuatoriana (100g, base húmeda)

Producto	kcal	Proteína (g)	Vit. C (mg)
Malanga	85	2,5	19,10
Camote	103	1,0	14,00
Papa	76	1,6	17,50
Yuca	121	1,0	28,20

(Martínez, 2009)

Según Giacometti (2009), se prevé que la malanga al ser un alimento de valor excepcional por sus características organolépticas y propiedades nutritivas (Tabla 2) podría tener una ampliación de los mercados de exportación, así como el fomento en la aplicación de tecnología para diversificar su utilización y de esta forma promover un consumo más frecuente en la alimentación popular en las regiones tropicales.

Tabla 2. Contenido de minerales y vitaminas de la malanga (100 g, base húmeda)

Composición de la malanga por 100g	
Calcio (mg)	20.0
Hierro (mg)	1.0
Ácido ascórbico (mg)	10
Niacina (mg)	0.5
Riboflavina (mg)	0.03
Tiamina	1.1
Vitamina A	0

(Redhead, 1990)

4.1.2 Aditivos

- Carboximetilcelulosa (CMC)

La celulosa es el polímero más abundante en el mundo, es un homopolímero lineal constituido por moléculas de glucosa unidas por enlaces glucosídicos altamente polares e hidrofílicos β (1-4), insolubles en agua. Para conferirle la solubilidad en agua la celulosa es esterificada con soda cáustica acuosa, y después con cloruro de metilo, óxido de propileno o monocloroacetato de sodio para producir metilcelulosa, carboximetilcelulosa e hidropilmetilcelulosa. (Mamani, 2011).

Las películas CMC tienen buenas características, ya que no tienen olor ni sabor, son transparentes, resistentes a grasas y aceites, solubles en agua. Adicionalmente son barreras moderadas ante la humedad y el oxígeno (Bourtoom, 2008).

- Goma xanthan

La goma xanthan es un polisacárido complejo, producto de la fermentación microbiana. Las películas con goma xanthan son fuertes y proporcionan buenas propiedades como barreras en el recubrimiento de alimentos. La goma xanthan es usada en películas para evitar la migración de humedad durante la fritura (Baldwin, 2012).

- Propilenglicol

Es usado como plastificante, es de bajo peso molecular, su función es aumentar la dureza y la flexibilidad a las películas, pero también incrementar la permeabilidad de las películas al vapor de agua y los gases (Shafiur, 2007).

4.1.3 Procesamiento

- Recepción de materia prima

Se seleccionó los cormos de malanga con un tamaño uniforme y se almacenó a temperatura 6-7°C a una humedad relativa de 80% (Hernández, 1996). Se realizó un lavado previo con agua a presión para eliminar las impurezas.

- Pelado y cortado

Se peló manualmente y se cortó con una guillotina para asegurar que las tiras de malanga tuvieran una longitud y volumen similar (1x1x6 cm)

- Lavado

Las tiras de malanga se lavaron en agua fría por 30 segundos para remover el almidón de la superficie.

- Escaldado

Para el escaldado de malanga se utilizó una solución de ácido cítrico al 1% a temperatura de 85 °C por 6 minutos (Pahade, 2012).

- Recubrimiento con la película

Inmediatamente después del escaldado la malanga se sumergió en dos tipos de soluciones tanto de CMC como de goma xanthan por tiempos de 0.5; 2 minutos. Las soluciones fueron preparadas con 2 concentraciones diferentes de CMC o goma xanthan. Los

porcentajes de las soluciones para cada hidrocoloide fueron: 0.5; 1.5 % (w/v), que se disolvieron en agua destilada que contenía como aditivo propilenglicol (50% del peso de CMC o goma xanthan) a 37 °C. Esta solución fue homogenizada previamente con un agitador por 4 min (Jafarizadeh, 2011).

- Secado

El secado de la superficie de la malanga recubierta con la película se realizó con aire caliente en un horno a 135°C por 3 minutos (Singthong, 2009).

- Fritura

Se realizó en una freidora (DeLonghi/Italia, Modelo F34512CZ) de capacidad de 2.5 litros con aceite marca Sabrofrito (relación 6:1(w/w), Sabrofrito: tiras de malanga) a 180°C por 5 min (Pahade, 2012). El aceite fue cambiado después de la fritura de cada lote.

* En el Anexo 1. Se encuentra el diagrama de flujo que resume el procesamiento

4.2 Métodos Analíticos:

4.2.1 Determinación de grasa superficial

La determinación se realizó basada en el método de Bouchon (2003). La grasa superficial es definida como la cantidad de aceite que es fácilmente removido y por lo tanto permanece en la superficie del producto. Un vaso de 250 ml fue llenado con 150 ml de hexano. La grasa superficial fue determinada en cada muestra mediante la inmersión de cada cilindro de malanga por 1 segundo en el solvente a temperatura ambiente. La solución resultante fue transferida a un balón de 250 ml, que fue previamente secado y pesado. Finalmente, el aceite extraído fue evaporado usando un rotavapor. El balón con el aceite extraído fue secado hasta un peso constante mediante el calentamiento en un horno de convección a 105 °C. Tres réplicas de cada muestra fueron realizadas.

$$\% \text{ grasa superficial} = \frac{\text{peso aceite extraído soxhlet (g)}}{\text{peso muestra inicial (g)}} \times 100$$

4.2.2 Determinación de grasa total

La determinación se realizó basada en el método de Bouchon (2003). La grasa total fue determinada mediante la extracción por solventes usando la técnica soxhlet (AOAC 1984). Los cilindros de malanga fueron finamente cortados y subsecuentemente pesados y transferidos en un dedal de extracción. Un balón de 250 ml fue secado y pesado y 130 ml de hexano fue añadido al balón. La extracción se realizó por 4 horas usando el equipo soxhlet, después el solvente fue removido por un rotavapor. El balón que contenía el aceite extraído fue secado hasta un peso constante mediante el calentamiento en un horno de convección a 105 °C. Tres réplicas de cada muestra fueron realizadas.

$$\% \text{ grasa total} = \frac{\text{peso aceite extraído soxhlet (g)}}{\text{peso muestra inicial (g)}} \times 100$$

4.2.3 Determinación de humedad

La determinación se realizó basada en el método de Primo-Martin, *et al* (2010). Los cilindros de malanga fueron finamente cortados y colocados en un crisol previamente pesado y secado. El contenido de humedad fue determinada usando el método del secado en estufa. La muestra fue colocada en una estufa a 105 °C por 24 h. La humedad fue calculada mediante la diferencia en peso determinada antes y después del secado en estufa. Tres réplicas de cada muestra fueron realizadas.

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{peso muestra inicial (g)} - \text{peso muestra seca (g)}}{\text{peso muestra inicial (g)}} \times 100$$

4.2.4 Otras determinaciones

Para comparar con la referencia el mejor tratamiento de CMC y goma xanthan en cada una de las tres variables de respuesta, se realizó el cálculo según la fórmula usada en el estudio de Pahade (2012). Los resultados obtenidos con estas fórmulas se encuentran en el Anexo 2.

% reducción contenido de grasa total o superficial= $100 -$

$$\frac{\% \text{ grasa con goma xanthan o CMC X } 100}{\% \text{ grasa referencia}}$$

$$\% \text{ retención de humedad} = 100 - \frac{\% \text{ humedad con goma xanthan o CMC X } 100}{\% \text{ humedad referencia}}$$

4.3. Métodos Estadísticos

4.3.1. Diseño experimental

Se realizó dos experimentos, uno para goma xanthan y otro para CMC, en los que se usó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 2^2 (Tabla 3). En ambos experimentos se hizo tres repeticiones para cada tratamiento, teniendo un total de 12 unidades experimentales por experimento. Los factores fueron:

Tabla 3. Tratamientos combinación entre concentración de hidrocoloide y tiempo de inmersión

Hidrocoloide	Concentración	Tiempo de inmersión	Nomenclatura
	(%) A	(min) B	
Goma xanthan ó CMC	0.5	0.5	A1B1
	0.5	2	A1B2
	1.5	0.5	A2B1
	1.5	2	A2B2

- Factor A: Concentración de hidrocoloides (CMC ó goma xanthan)
Concentración 1: 0,5%
Concentración 2: 1,5%
- Factor B: Tiempo de inmersión
Tiempo 1: 0,5 minutos
Tiempo 2: 2 minutos

Las variables de respuesta fueron:

<i>Variable</i>	<i>Especificaciones para selección del mejor tratamiento en relación a la referencia</i>	<i>Método de Análisis</i>
Grasa superficial (%)	El menor porcentaje de grasa superficial	Bouchon (2003)
Grasa total (%)	El menor porcentaje de grasa total	AOAC (1984).
Humedad (%)	El mayor porcentaje de humedad	Primo-Martin, <i>et al</i> (2010)

Para verificar el cumplimiento de las especificaciones se uso una referencia. Las tiras de

malanga usadas como referencia no cumplieron con dos pasos del procesamiento antes descrito que fueron: el recubrimiento con películas y el secado. Los resultados de las tres variables de respuesta se procesaron en base a análisis de varianza individuales y mediante la prueba de separación de medias de Tukey con una probabilidad de error del 0,05 ($p \leq 0.05$).

5. Resultados y discusión

5.1 Primer Experimento: Recubrimiento con películas de goma xanthan.

5.1.1 Grasa Superficial

Los datos de la Tabla 4 muestran que existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. La concentración de goma xanthan (A), el tiempo de inmersión (B) y la interacción de goma-tiempo de inmersión influenciaron significativamente en la grasa superficial de la malanga frita. El coeficiente de variación (CV) fue de 5.053, un valor aceptable para pruebas de laboratorio.

Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) de grasa superficial de los tratamientos

FV	GL	SC	CM	FC	Ft
Total	11	0,42	0,038		
Tratamientos	3	0,37	0,124	22,16*	4,07
A (concentración)	1	0,15	0,152	27,12*	5,32
B (tiempo de inmersión)	1	0,11	0,110	19,68*	5,32
Interacción AxB	1	0,11	0,110	19,68*	5,32
Error Exp	8	0,04	0,006		

*Significancia al 5% de probabilidad por la prueba F

En la Tabla 5 la prueba de Tukey indica que todos los tratamientos tuvieron menor grasa superficial que la referencia, cumpliendo así con la especificación. El tratamiento que presentó el menor porcentaje de grasa superficial fue A2B1 y fue seleccionado como el mejor. La media de A2B1 fue estadísticamente diferente a los otros tratamientos. Los tres tratamientos restantes presentaron medias estadísticamente iguales. La reducción del contenido de grasa superficial en el mejor tratamiento (A2B1) fue 31,79% en relación a la referencia. Los datos obtenidos fueron similares a los presentados por Altunakar (2007), en un estudio en nuggets de pollo recubiertas con películas comestibles de goma xanthan. La reducción del contenido de grasa en este estudio fue del 33% comparado con el control. En estos dos estudios se comprobó que la formación de una película con goma xanthan reduce la absorción de grasa durante la fritura, por su acción como barrera contra la penetración de aceite.

Tabla 5. Contenido de grasa superficial en los tratamientos.

A2B1*	A2B2*	A1B2*	A1B1*
1,18	1,56	1,59	1,59
b	a	a	a
T=	0,196		

* Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre si al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey

- % Grasa superficial referencia: 1,74

5.1.2. Grasa total

La Tabla 6 muestra que existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. El porcentaje de concentración de goma xanthan y la interacción de goma-tiempo de inmersión influenciaron significativamente en la grasa total. No se presentó diferencia significativa en el tiempo de inmersión. El coeficiente de variación (CV) fue de 4.147, lo cual es un valor aceptable para pruebas de laboratorio.

Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA) de grasa total de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	FC	Ft
Total	11	15,068	1,370		
Tratamientos	3	14,241	4,747	45,871*	4,070
A (concentración)	1	11,388	11,388	110,047*	5,320
B (tiempo de inmersión)	1	0,001	0,001	0,007 ^{NS}	5,320
Interacción AxB	1	2,852	2,852	27,559*	5,320
Error Exp	8	0,828	0,103		

*Significancia al 5% de probabilidad por la prueba F

En la Tabla 7 la prueba de Tukey indica que todos los tratamientos tuvieron menor grasa total que la referencia, cumpliendo así con la especificación. El tratamiento que tuvo el menor porcentaje de grasa total fue A2B1 y fue seleccionado como el mejor tratamiento. La media de A2B1 fue diferente a los otros tratamientos. Los demás tratamientos tuvieron medias estadísticamente diferentes entre sí. El tratamiento A2B1 presentó una reducción en el contenido de grasa de 63.39% en relación la referencia. Este es un valor superior al estudio de Sakhale *et al.* (2011) que reportó una reducción significativa en el contenido de grasa de 53,32% (comparada con el control) en samosa (empanadas vegetarianas de la India) preparada con la adición de goma xanthan a un nivel de 1,5%. En chips de banana recubiertos con goma xanthan al 1,5% Sothornvit (2011) indicó una disminución en el contenido de grasa de 17,22%, valor inferior al obtenido en malanga. De acuerdo con estos estudios se puede comprobar que el uso de goma xanthan presenta una formación de película que evidencia resultados efectivos para disminuir la absorción de grasa. En este estudio la concentración de 1,5% fue seleccionada como la más efectiva. Según Sahin (2005), la efectividad de la goma xanthan a esta concentración se relaciona con la viscosidad, lo que le confiere las características para su acción de barrera contra la absorción de aceite.

Tabla 7. Contenido de grasa total en los tratamientos.

A2B1*	A2B2*	A1B2*	A1B1*
6,30	7,26	8,24	9,23
d	c	b	a
T=	0.841		

* Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre si al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey

- %Grasa total referencia: 17,21

5.1.3. Humedad

La Tabla 8 muestra que existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. La interacción de goma-tiempo de inmersión influenciaron significativamente en la humedad, pero no así la concentración y el tiempo de inmersión. El coeficiente de variación (CV) fue de 4.832, el cual es un valor aceptable para pruebas de laboratorio.

Tabla 8. Análisis de varianza (ANOVA) de humedad de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	FC	Ft
Total	11	188,33	17,121		
Tratamientos	3	118,68	39,559	4,54*	4,07
A (concentración)	1	23,77	23,773	2,73 ^{NS}	5,32
B (tiempo de inmersión)	1	4,65	4,650	0,53 ^{NS}	5,32
Interacción AxB	1	90,26	90,256	10,37*	5,32
Error Exp	8	69,65	8,707		

*Significancia al 5% de probabilidad por la prueba F

En la Tabla 9 la prueba de Tukey indicó que todos los tratamientos tuvieron mayor retención de humedad que la referencia, cumpliendo así con la especificación. El tratamiento con mayor porcentaje de humedad retenida fue A2B1, siendo su media estadísticamente igual a los tratamientos A2B2 y A1B2, pero diferente a la media con

menor humedad A1B1. En el tratamiento A2B1 la goma xanthan formó la mejor barrera contra la migración de humedad, presentó una retención de humedad de 20.72% en relación a la referencia. En el estudio de Sakhale *et al.* (2011) se reportó un resultado superior al obtenido, la retención de humedad en samosa (empanadas vegetarianas de la India) preparada con adición de goma xanthan al 1,5% fue de 28,96%. Asimismo, las características de esta goma para retener humedad lo corrobora el estudio de Sahin (2005) en esta investigación se usó goma xanthan en recubrimientos de nuggets de pollo fritos, el control de migración de humedad tuvo mejores resultados con HPMC, seguido de goma guar y goma xanthan al 1%. A los 6 minutos de fritura el contenido de humedad en los nuggets cubiertos con goma xanthan fue de alrededor de 12,5% menos que el control, resultado inferior al obtenido en malanga, sin embargo su efectividad en la retención de humedad fue comprobada. En el presente estudio se observó una relación inversa entre humedad y grasa absorbida, así lo evidencia el mejor tratamiento A2B1, que tiene el menor porcentaje de grasa superficial y total y el mayor porcentaje de humedad. El freído es un proceso de deshidratación por inmersión en aceite caliente, la transferencia de masa se caracteriza por la pérdida de humedad y la absorción de aceite, fenómenos que operan en contracorriente. El agua abandona el producto en forma de burbujas de vapor e internamente migra por diversos mecanismos de transporte. A un alto contenido de humedad de los productos alimenticios que se someten al freído por inmersión, corresponde una mayor absorción de aceite, y se presume que de un contenido menor de humedad, especialmente en las capas externas del producto, resulta menor evaporación de agua y por tanto menor porosidad interna donde se puede ubicar el aceite absorbido (Bermudez, 2010)

Tabla 9. Contenido de humedad en los tratamientos.

A1B1*	A2B2*	A1B2*	A2B1*
57,53	59,10	61,77	65,83
b	ab	ab	a
T=	7,717		

* Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre si al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey

- % Humedad referencia: 54,53

5.2. Segundo Experimento: Recubrimiento con películas de carboximetilcelulosa (CMC)

5.2.1. Grasa superficial

Los datos de la Tabla 10 muestran que existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. El porcentaje de concentración de CMC y la interacción de goma-tiempo de inmersión influenciaron significativamente en la grasa superficial, no así el tiempo de inmersión. El coeficiente de variación (CV) fue de 4.254, el cual es un valor aceptable para pruebas de laboratorio.

Tabla 10. Análisis de varianza (ANOVA) de grasa superficial de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	FC	Ft
Total	11	1,5444	0,1404		
Tratamientos	3	1,5351	0,5117	441,7650*	4,0700
A (concentración)	1	1,1532	1,1532	995,5683*	5,3200
B (tiempo de inmersión)	1	0,0003	0,0003	0,2590 ^{NS}	5,3200
Interacción AxB	1	0,3816	0,3816	329,4676*	5,3200
Error Exp	8	0,0093	0,0012		

*Significancia al 5% de probabilidad por la prueba F

En la Tabla 11 la prueba de Tukey indica que todos los tratamientos tuvieron menor grasa superficial que la referencia, cumpliendo así con la especificación. El tratamiento que presentó el menor porcentaje de grasa superficial fue A2B1 y fue seleccionado como el mejor. La media de A2B1 fue estadísticamente diferente a los otros tratamientos. Todos los tratamientos presentaron medias estadísticamente diferentes. El tratamiento A2B1 con un porcentaje de 0.32% de grasa superficial presentó una reducción en la absorción de grasa de 81.50% en relación a la referencia. En un ensayo de Sahin (2005), en el que se aplicó películas comestibles en nuggets de pollo los menores valores de absorción de grasa presentaron los recubrimientos con HPMC, seguido de goma xanthan. En este estudio se resalta que la propiedad funcional que es útil para la reducción del contenido de grasa en

productos fritos es la gelificación. Priya et al. (1996) reportó que la adición de CMC al 2% resultó en una reducción en el contenido de grasa de 26,2% en boondis fritos (snack de la India). Aunque la reducción del contenido de grasa en este estudio es menor que el obtenido en la malanga frita, en ambos se reporta que la acción de la película de CMC presenta un reducción en la absorción de grasa. Según Sahin, los grupos metilos de los derivados de celulosa producen asociaciones intermoleculares con moléculas adyacentes en la temperatura de gelificación.

Esta matriz de gel influye en las propiedades de barrera y consistencia a altas temperaturas, lo que explica la reducción en la absorción de grasa.

Tabla 11. Contenido de grasa superficial en los tratamientos.

A2B1*	A2B2*	A1B2*	A1B1*
0,32	0,66	0,93	1,29
d	c	b	a
T=	0.089		

Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre si al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey

- % Grasa superficial referencia: 1,74

5.2.2. Grasa total

La Tabla 12 muestra que existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. El porcentaje de concentración de CMC y la interacción de goma-tiempo de inmersión influenciaron significativamente en la grasa total, no así el tiempo de inmersión. El coeficiente de variación (CV) fue de 4.375, un valor aceptable para pruebas de laboratorio.

Tabla 12. Análisis de varianza (ANOVA) de grasa total de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	FC	Ft
Total	11	44,14	4,013		
Tratamientos	3	43,29	14,429	135,37*	4,07
A (concentración)	1	22,66	22,660	212,59*	5,32
B (tiempo de inmersión)	1	0,17	0,166	1,55 ^{NS}	5,32
Interacción AxB	1	20,46	20,462	191,97*	5,32
Error Exp	8	0,85	0,107		

*Significancia al 5% de probabilidad por la prueba F

En la Tabla 13 la prueba de Tukey indica que todos los tratamientos tuvieron menor grasa total que la referencia, cumpliendo así con la especificación. El tratamiento que tuvo el menor porcentaje de grasa total fue A2B1, siendo seleccionado este tratamiento como el mejor. La media de A2B1 fue estadísticamente diferente a los otros tratamientos. Los tratamientos A2B2 y A1B2 fueron estadísticamente iguales, mientras que los tratamientos A1B1 fue estadísticamente diferente a los demás. El tratamiento A2B1 presentó el menor porcentaje de grasa total (4.90%), con una reducción de grasa de 72.88% en relación a la referencia. Resultado superior al estudio presentado por Singthong (2009) realizado con chips de banana en el que los mejores tratamientos fueron los obtenidos con recubrimientos de pectina al 1% y CMC 1%. El contenido de grasa empleando CMC se redujo de 40.22 g/100 g (control) a 22.91 g/100 g, siendo la reducción en comparación con el control de 43.04%. Otro estudio presentado por Rimac *et al.* (2004) menciona que 54% de reducción de grasa fue alcanzado en papas fritas sumergidas en una solución 1% de CMC. Los resultados obtenidos en malanga presentaron mejores resultados que los estudios antes mencionados. La efectividad del CMC se atribuye a que los derivados de celulosa a través de la formación de películas a temperaturas por encima de su temperatura de gelificación reducen la absorción de aceite, especialmente cuando se añade en forma pre-hidratada (Funami, 1999).

Tabla 13. Contenido de grasa total en los tratamientos.

A2B1*	A2B2*	A1B2*	A1B1*
4,90	7,28	7,41	10,26
c	b	b	a
T=	0.854		

* Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre si al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey

- %Grasa total referencia: 17,21

5.2.3. Humedad

La Tabla 14 indica que existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. La concentración de CMC y la interacción de goma-tiempo de inmersión influenciaron significativamente en la humedad, y no así el tiempo de inmersión. El coeficiente de variación (CV) fue de 3.414, valor aceptable para pruebas de laboratorio.

Tabla 14. Análisis de varianza (ANOVA) de humedad de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	FC	Ft
Total	11	440,27	40,024		
Tratamientos	3	400,13	133,378	26,59*	4,07
A (concentración)	1	221,88	221,880	44,23*	5,32
B (tiempo de inmersión)	1	1,15	1,153	0,23 ^{NS}	5,32
Interacción AxB	1	177,10	177,101	35,30*	5,32
Error Exp	8	40,13	5,016		

*Significancia al 5% de probabilidad por la prueba F

En la Tabla 15 la prueba de Tukey indica que todos los tratamientos tuvieron mayor retención de humedad que la referencia, cumpliendo así con la especificación. El mayor porcentaje de humedad tuvo el tratamiento A2B1, por lo que fue seleccionado como el

mejor tratamiento. La media de A2B1 fue estadísticamente diferente a los otros tratamientos. El tratamiento A1B2 es estadísticamente igual al A2B2, pero estadísticamente diferente a A1B1. En el estudio de Singthong (2009) en chips de banana cubiertos con películas comestibles los mejores resultados en retención de humedad se obtuvieron con películas al 1% de alginato, seguido de CMC y pectina, los valores de humedad fueron 5.084 g/100 g, 3.590 g/100 g, 2.821 g/100 g respectivamente. En este estudio el aumento en la retención de humedad con el uso de CMC en comparación con el control fue de 28.63%. En el tratamiento A2B1 tuvo una retención de humedad de 35.80% más que la referencia, este es un valor superior pero cercano al presentado por Singthong en cuanto a la retención de humedad. El CMC en los dos estudios actuó como barrera para retención de humedad, sin embargo, puede variar la retención de humedad por ser productos diferentes. La propiedad que permite que el CMC contribuya a la retención de agua es la capacidad ligante de agua de las moléculas que lo conforman (Pomeranz, 1991). La mayor retención de humedad en el tratamiento A2B1 se relaciona directamente con los menores porcentajes de absorción de grasa total y superficial del mismo tratamiento.

Tabla 15. Contenido de humedad en los tratamientos.

A1B1*	A1B2*	A2B2*	A2B1*
57,76	64,83	65,74	74,05
c	b	b	a
T=	5.858		

* Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre si al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey

- % Humedad referencia: 54,53

En las tres variables de respuesta, tanto en CMC como en goma xanthan, todos los datos cumplieron con las especificaciones (Anexo 3). En el Anexo 2 se muestra que tanto para grasa superficial, grasa total y humedad, el uso de CMC presenta mejores resultados que goma xanthan comparándolos con la referencia. Para los dos hidrocoloides usados el tratamiento que se seleccionó como el mejor fue A2B1.

Se sabe que el CMC y la goma xanthan forman una película en el producto, lo que disminuye la absorción el aceite y la pérdida de humedad, por lo tanto la transferencia de

masa deja de producirse. El contenido de aceite de las malangas fritas se redujo considerablemente con la adición de cualquiera de los dos hidrocoloides en comparación con el control. El CMC es el hidrocoloide que mostró los mejores resultados en todas las variables de respuesta. Esto se pudo dar debido a su mayor viscosidad siendo de 13,000 cP para una solución 1%, en relación a la de goma xanthan que es de 1,600 cP para una solución 1% (Embuscado, 2009). Al ser más viscosa la solución de CMC es menos fluida durante la formación de la película sobre la malanga, lo que hace que se adhiera más uniformemente que la goma xanthan. Esta afirmación es sustentada por otros estudios que afirman que cuando la viscosidad se incrementa el poder de hinchazón y el índice de solubilidad de las soluciones se incrementan (Sothornvit, 2011). Esto puede dar como resultado una mejor adherencia de la película con mayor viscosidad. En un estudio realizado por Garmakhany (2008) en chips de papas recubiertas con hidrocoloides, los mejores resultados obtenidos en reducción del contenido de grasa fue de 57,03% para el CMC al 1% y de 55,94% para la goma xanthan al 0,5%, obteniéndose los mejores resultados con el CMC como en el presente estudio.

6. Conclusiones

Los resultados confirman que el uso de los dos hidrocoloides ayudaron a disminuir la absorción de grasa y aumentar la retención de humedad en malangas fritas; obteniéndose los mejores resultados en malangas tratadas con CMC 1,5% - tiempo de inmersión 0,5 minutos y goma xanthan 1,5% - tiempo de inmersión 0,5 minutos.

Todos los tratamientos en cada variable de respuesta cumplieron con las especificaciones, sin embargo los mejores resultados fueron obtenidos con el tratamiento A2B1 por lo que se lo seleccionó como el mejor tanto para CMC como para goma xanthan.

Los niveles de grasa total fueron disminuidos efectivamente comparados con la referencia teniendo valores de 63,39% para goma xanthan y 72,88% para CMC. Por lo tanto, el CMC fue más efectivo que la goma xanthan en reducir el contenido de grasa.

7. Recomendaciones

Realizar estudios sensoriales en los que se puede analizar apariencia, color, olor, sabor, textura de las malangas recubiertas con películas comestibles.

Estudiar el uso de saborizantes y conservantes en las soluciones que forman las películas comestibles para mejorar el sabor y aumentar la vida útil de las malangas fritas.

Realizar un estudio de factibilidad para analizar la rentabilidad del uso de películas comestibles en malanga frita para una inserción en el mercado como un producto con un valor agregado.

8. Bibliografía

- Altunakar, B., S. Sahin y G. Sumnu. “Effects of hydrocolloids on apparent viscosity of batters and quality of chicken nuggets”. Chemical Engineering Communications 193(2007): 675-682.
- Baldwin, E., R. Hagenmaier y J. Bai. Edible coatings and films to improve food quality. United States: Taylor & Francis Group, 2012.
- Bermúdez, A., C. Velez y G. Arrázola. “Efecto de las condiciones de freído sobre la pérdida de humedad y ganancia de aceite en trozos de ñame (*Dioscorea alata*)”. Ingeniería e Investigación 30 (2010): 41-44.
- Bouchon, P., J.M. Aguilera Y D.L. Pyle. “Structure Oil–Absorption Relationships During Deep-Fat Frying”. Food Engineering and Physical Properties 2003.
- Bourtoom, T. “ Edible films and coatings: characteristics and properties”. International Food Research Journal 1(2008): 237-248.
- Diop, Aliou. “ Storage and Processing of Roots and Tubers in the Tropics”. Food and Agriculture Organization of the United Nations (1998). <<http://www.fao.org/docrep/X5415E/x5415e00.htm#Contents>>. Consultado 3 mayo 2013.
- Embuscado, M. Edible Films and Coatings for Food Applications. New York: Springer Science, 2009.
- FAO. “Quality declared planting material”. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma: CIP, 2010.
- Funami, T. et al. “Decreasing Oil Uptake of Doughnuts During Deep-fat Frying Using Curdlan”. Journal of Food Science 64 (1999): 883-888.
- Garmakhany, A. D., et al. “Study of oil uptake and some quality attributes of potato chips affected by hydrocolloids”. European Journal of Lipid Science and Technology 110 (2008): 1045–1049.

- Giacometti, D. y J. León. “La agricultura amazónica y caribeña: Yautía o malanga (*Xanthosoma sagittifolium*)”. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Costa Rica:FAO, 2009.<http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro09/Cap4_8.htm>. Consultado 16 julio 2013.
- Han, J. Innovations in Food Packaging. California: Elsevier, 2005.
- Hernández, R. “Cultivo de Yautia: Guía técnica N°27”. Fundación de Desarrollo Agropecuario Inc. Costa Rica: Fundación de Desarrollo, 1996. < <http://www.rediaf.net.do/publicaciones/guias/download/yautia.pdf> >. Consultado 20 diciembre 2012.
- Holownia, K. y otros. Quality Evaluation of Edible Film-Coated Chicken Strips and Frying Oils. Journal of Food Science 65 (2000).
- Jafarizadeh, H. “Evaluation of effectiveness of three cellulose derivative-based edible coatings on changes of physico-chemical characteristics of ‘Berangan’ banana (*Musa sapientum* cv. Berangan) during storage at ambient conditions”. International Food Research Journal 18(2011): 1381-1386.
- Mallikarjunan, P *et al.* “Edible Coatings for Deep-fat Frying of Starchy Products”. Lebensm.-Wiss. u.-Technol 30 (1997): 709–714.
- Mamani, H., C. Ferreira. “ Mechanical and water vapor permeability properties of biodegradables films based on methylcellulose, glucomannan, pectin and gelatin” Ciência y Tecnología de Alimentos Campinas 3 (2011): 739- 746.
- Martínez, C., M. Muñozcano y J. Santoyo. “Paquete tecnológico para el establecimiento de malanga”. Fundación Produce Sinaloa, A. C. Sinaloa: Colección RP, 2009.
- Mei, Y., Y. Zhao, Y. Yang, H. Furr “Using Edible Coating to Enhance Nutritional and Sensory Qualities of Baby Carrots”. Journal of Food Science 67 (2002): 1964-1968.
- Pahade, P. y B. Sakhale. “Effect of blanching and coating with hydrocolloids on reduction of oil uptake in french fries”. International Food Research Journal 19 (2012): 697-699.
- Pascall M. y S.. Lin. “The Application of Edible Polymeric Films and Coatings in the Food Industry”. Journal Food Process Technology 2013.

- Pavlath, A.E. y W. Orts. "Edible Films and Coatings: Why, what and how?". U.S. Department of Agriculture. Albany, 2009.
- Pinthus, E.J., P. Weinberg y I.S. Saguy. "Oil uptake in deep fat frying as affected by porosity". Journal of Food Science 60 (1995): 767-769.
- Primo-Martin, C., et al. "Performance of cellulose derivatives in deep-fried battered snacks: Oil barrier and crispy properties". Food Hydrocolloids 24 (2010): 702-708.
- Priya, R., R.S Singhal y P.R. Kulkarni. "Carboxymethyl cellulose and hydroxypropyl methyl cellulose as additives in reduction of oil content in batter based deep-fat fried boondis". Carbohydrate Polymers 29(1996): 333-335.
- Pomeranz, Y. Functional Properties of Food Components. Academic Press Inc: California, 1991.
- Quintero, C. *et al.* "Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes la cadena hortofrutícola". Revista Tumbaga 5 (2010): 93-118.
- Redhead, J. Utilización de alimentos tropicales: raíces y tubérculos. Roma: FAO, 1990.
- Rimac, B.S., V. Lelas, D. Rade and B. Simundic. "Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying". Journal of Food Engineering 64 (2004): 237-241.
- Rossell, J. B. Frying: improving quality. Cambridge: CRC Press, 2000.
- Sahin, S., G. Sumnu y B. Altunakar. "Effects of batters containing different gum types on the quality of deep-fat fried chicken nuggets". Journal of the Science of Food and Agriculture 85 (2005): 2375-2379.
- Sakhale, B. K., J. B. Badgujar, V. D. Pawar y S. L. Sananse. "Effect of hydrocolloids incorporation in casing of samosa on reduction of oil uptake". Journal of Food Science and Technology 10 (2011).
- Sánchez, P. Suelos del trópico: características y manejo. Costa Rica: IICA, 1981.

Severini, C. "Prevention of enzymatic browning in sliced potatoes by blanching in boiling saline solutions". LWT-Food Science and Technology 36 (2003): 657-665.

Shafiur, M. "Surface treatments and edible coatings in food preservation". Handbook Of Food Preservation. United States: CRC Press, 2007.

Singthong, Jittra y Chutima Thongkaew. "Using hydrocolloids to decrease oil absorption in banana chips". LWT - Food Science and Technology 42 (2009): 1199–1203.

Skurtys, O. *et al.* Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings. New York: Nova Science Publishers, 2010.

Sothornvit, R. "Edible coating and post-frying centrifuge step effect on quality of vacuum-fried banana chips". Journal of Food Engineering 107 (2011):319–325.

Trezza T. y J. Krochta. "Color Stability of Edible Coatings During Prolonged Storage". Journal of Food Science 65 (2000).

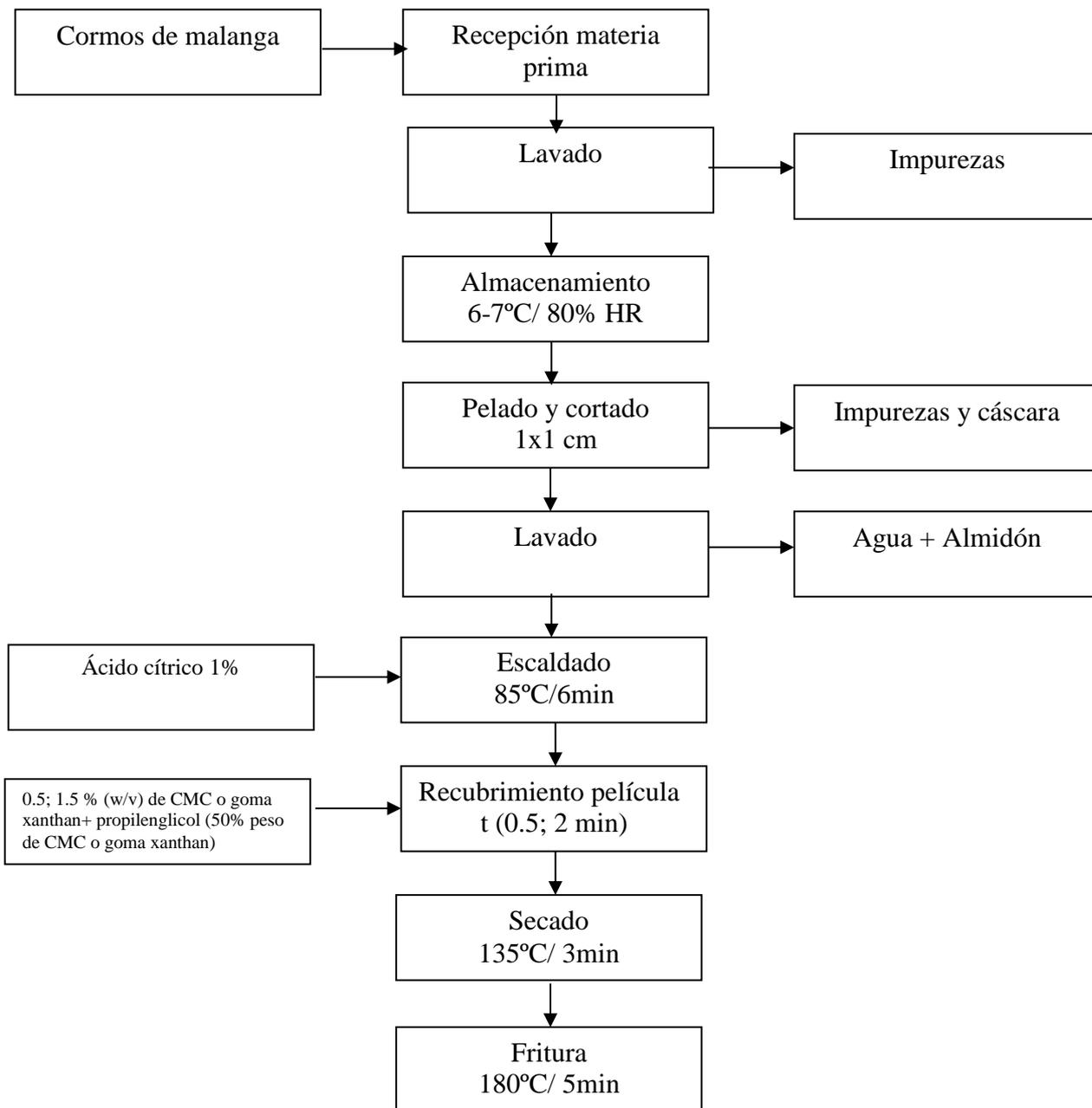
Williams R. y G.S. Mittal. "Low-Fat Fried Foods with Edible Coatings: Modeling and Simulation". Journal of Food Science 64 (1999).

Yam. K. The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology. United States: Wiley, 2009

9. Anexos

Anexo 1

Figura 1. Diagrama de flujo del procesamiento de malanga



Anexo 2

Tabla 16. Comparación de los resultados del mejor tratamiento de CMC A2B1 y goma xanthan A2B1 relacionándolos con la referencia

Hidrocoloide	Grasa superficial (%) *	Grasa total (%) *	Humedad (%)*	Comparación con la referencia		
				Reducción en absorción grasa superficial (%)	Reducción en absorción grasa total (%)	Aumento en Retención de humedad (%)
Sin hidrocoloide (control)	1.73	17.21	54.53			
Goma xanthan (A2B1)	1.18	6.30	65.83	31.79	63.39	20.72
CMC (A2B1)	0.32	4.90	74.05	72.88	71.53	35.80

* Medias de 3 determinaciones

Anexo 3

Tabla 17. Resumen de las medias obtenidas en las variables de respuesta en goma xanthan y CMC

	Grasa superficial (%)				Grasa Total (%)				Humedad (%)			
Referencia	1,74				17,21				54,53			
Tratamientos	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
Goma xanthan	1,18	1,56	1,59	1,59	6,3	7,26	8,24	9,23	57,53	59,1	61,77	65,83
CMC	0,32	0,66	0,93	1,29	4,9	7,28	7,41	10,26	57,76	64,83	65,74	74,05