

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



“Uso de derivados de celulosa para reducir la absorción de aceite
en frituras por inmersión.”

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR PAULA
MARÍA EVA LÓPEZ PARA OBTAR AL GRADO ACADÉMICO
DE LICENCIADA EN INGENIERÍA EN ALIMENTOS

GUATEMALA

2013

“Uso de derivados de celulosa para reducir la absorción de aceite en frituras por inmersión.”

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



“Uso de derivados de celulosa para reducir la absorción de aceite
en frituras por inmersión.”

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR PAULA
MARÍA EVA LÓPEZ PARA OBTAR AL GRADO ACADÉMICO
DE LICENCIADA EN INGENIERÍA EN ALIMENTOS


GUATEMALA


2013

Vo. Bo.:

(f) 
MSc. Peter Meng Sapper

Tribunal examinador:

(f) 
MSc. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f) 
MSc. Patricia Palacios de Palomo

(f) 
MSc. Peter Meng Sapper

Fecha de aprobación: Guatemala, 2 de diciembre de 2013

PREFACIO

Al finalizar un trabajo como éste, lleno de retos y dificultades, me doy cuenta que el camino hubiera sido más difícil y largo sin la ayuda de muchas personas. Es por esto que quiero agradecer a:

Mis padres por haberme dado la oportunidad de llegar donde estoy y por su apoyo incondicional siempre. A mis hermanas por apoyarme y creer siempre en mí. A mi familia y amigos, por ayudarme y apoyarme en todo momento. A mi asesor por su apoyo, paciencia y comprensión a lo largo de este trabajo.

CONTENIDO

| | Página |
|--|--------|
| Prefacio..... | v |
| Lista de tablas..... | viii |
| Lista de gráficas..... | x |
| Lista de ilustraciones..... | xi |
| Resumen..... | xii |
| I. Introducción..... | 1 |
| A. Antecedentes..... | 1 |
| 1. Métodos de reducción de absorción de aceite..... | 1 |
| a. Modificación de las técnicas de freído..... | 2 |
| b. Coberturas y rebozados..... | 2 |
| c. Modificación del medio de freído..... | 4 |
| B. Justificación..... | 5 |
| C. Objetivos..... | 8 |
| D. Metodología..... | 8 |
| II. Marco Teórico..... | 12 |
| A. Cobertura comestible..... | 12 |
| 1. Celulosa..... | 13 |
| a. Éteres de celulosa no iónicos..... | 13 |
| b. Metilcelulosa..... | 13 |
| c. Hidroxipropil metilcelulosa..... | 14 |
| d. Preparación de soluciones de éteres de celulosa no iónicos | 15 |
| B. Proceso de freído por inmersión..... | 16 |
| 1. Transferencia de calor..... | 18 |
| 2. Transferencia de agua..... | 19 |
| 3. Transferencia de aceite..... | 19 |
| C. Formación de la corteza en un producto frito..... | 21 |
| D. Aceite para frituras..... | 22 |
| 1. Extensión de la vida del aceite usando hidrocoloides | 24 |
| E. Nutrición y salud..... | 24 |
| F. Tipos de frituras..... | 25 |
| III. Resultados y Discusión..... | 27 |

| | | |
|------|--|----|
| IV. | Conclusiones..... | 47 |
| V. | Recomendaciones..... | 48 |
| VI. | Bibliografía..... | 49 |
| VII. | Apéndice..... | 51 |
| | A. Datos originales y calculados análisis fisicoquímicos..... | 51 |
| | B. Análisis sensorial..... | 55 |
| | C. Análisis estadístico..... | 57 |
| | D. Guías y boleta de análisis sensorial prueba triangular..... | 63 |

LISTADO DE TABLAS

| Tabla | Página |
|--|--------|
| 1. Tiempos y temperaturas de fritura para cada matriz | 27 |
| 2. Resultados de análisis fisicoquímicos para muestras con 1%MC | 28 |
| 3. Resultados de análisis fisicoquímicos para muestras con 1%HPMC | 29 |
| 4. Resultados de análisis fisicoquímicos para muestras con 2%MC | 30 |
| 5. Resultados de análisis fisicoquímicos para muestras con 2%HPMC | 33 |
| 6. Cambios percibidos en muestras de papa al aplicar las coberturas | 37 |
| 7. Cambios percibidos en muestras de “wantan” al aplicar las coberturas | 39 |
| 8. Cambios percibidos en muestras de tostadas al aplicar las coberturas | 42 |
| 9. Resultados para prueba triangular | 44 |
| 10. Humedad de muestras de papa, “wantan” y tostadas control y con cobertura 1%MC | 51 |
| 11. Porcentaje de grasa de muestras de papa, “wantan” y tostadas control y con cobertura 1%MC | 51 |
| 12. Fuerza de fracturabilidad aplicada a muestras de papa, “wantan” y tostadas control y con cobertura 1% MC | 51 |
| 13. Humedad de muestras de papa, “wantan” y tostadas control y con cobertura 1%HPMC | 52 |
| 14. Porcentaje de grasa de muestras de papa, “wantan” y tostadas control y con cobertura 1%HPMC | 52 |
| 15. Fuerza de fracturabilidad aplicada a muestras de papa, “wantan” y tostadas control y con cobertura 1% HPMC | 52 |
| 16. Humedad de muestras de papa, “wantan” y tostadas control y con cobertura 2%MC | 53 |
| 17. Porcentaje de grasa de muestras de papa, “wantan” y tostadas control y con cobertura 2%MC | 53 |
| 18. Fuerza de fracturabilidad aplicada a muestras de papa, “wantan” y tostadas control y con cobertura 2% MC | 53 |
| 19. Humedad de muestras de papa, “wantan” y tostadas control y con cobertura 2% HPMC | 54 |
| 20. Porcentaje de grasa de muestras de papa, “wantan” y tostadas control y con cobertura 2%HPMC | 54 |
| 21. Fuerza de fracturabilidad aplicada a muestras de papa, “wantan” y tostadas control y con cobertura 2% HPMC | 54 |
| 22. Aciertos de los panelistas en la prueba triangular | 55 |
| 23. Comentarios de los panelistas para la prueba triangular | 55 |
| 24. Análisis Anova para muestras de humedad papas 1%MC | 57 |
| 25. Análisis Anova para muestras de humedad “wantan” 1%MC | 57 |
| 26. Análisis Anova para muestras de humedad tostadas 1%MC | 57 |
| 27. Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras papa 1%MC | 57 |
| 28. Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras “wantan” 1%MC | 57 |
| 29. Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras tostadas 1%MC | 57 |
| 30. Análisis Anova para fracturabilidad muestras papas 1%MC | 58 |
| 31. Análisis Anova para fracturabilidad muestras “wantan” 1%MC | 58 |
| 32. Análisis Anova para fracturabilidad muestras tostadas 1%MC | 58 |
| 33. Análisis Anova para muestras de humedad papas 1%HPMC | 58 |
| 34. Análisis Anova para muestras de humedad “wantan” 1%HPMC | 58 |
| 35. Análisis Anova para muestras de humedad tostadas 1%HPMC | 58 |
| 36. Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras papa 1%HPMC | 59 |

| | |
|---|----|
| 37. Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras “wantan” 1%HPMC | 59 |
| 38. Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras tostadas 1%HPMC | 59 |
| 39. Análisis Anova para fracturabilidad muestras papas 1%HPMC | 59 |
| 40. Análisis Anova para fracturabilidad muestras “wantan” 1%HPMC | 59 |
| 41. Análisis Anova para fracturabilidad muestras tostadas1%HPMC | 59 |
| 42. Análisis Anova para muestras de humedad papas 2%MC | 60 |
| 43. Análisis Anova para muestras de humedad “wantan” 2%MC | 60 |
| 44. Análisis Anova para muestras de humedad tostadas 2%MC | 60 |
| 45. Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras papas 2%MC | 60 |
| 46. Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras “wantan” 2%MC | 60 |
| 47. Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras tostadas 2%MC | 60 |
| 48. Análisis Anova para fracturabilidad muestras papas 2%MC | 61 |
| 49. Análisis Anova para fracturabilidad muestras “wantan” 2%MC | 61 |
| 50. Análisis Anova para fracturabilidad muestras tostadas 2%MC | 61 |
| 51. Análisis Anova para muestras de humedad papas 2%HPMC | 61 |
| 52. Análisis Anova para muestras de humedad “wantan” 2%HPMC | 61 |
| 53. Análisis Anova para muestras de humedad tostadas 2%HPMC | 61 |
| 54. Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras de papa 2%HPMC | 62 |
| 55. Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras de “wantan” 2%HPMC | 62 |
| 56. Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras de tostadas 2%HPMC | 62 |
| 57. Análisis Anova para fracturabilidad muestras de papas 2%HPMC | |
| 58. Análisis Anova para fracturabilidad muestras de “wantan” 2%HPMC | 62 |
| 59. Análisis Anova para fracturabilidad muestras de tostadas 2%HPMC | 62 |
| 60. Orden de presentación de muestras de papa prueba triangular | 64 |
| 61. Orden de presentación de muestras de “wantan” prueba triangular | 64 |
| 62. Orden de presentación de muestras de tostadas prueba triangular | 65 |

LISTADO DE GRÁFICAS

| Gráfica | Página |
|---|--------|
| 1. Porcentaje de grasa muestras con cobertura MC | 34 |
| 2. Porcentaje de grasa muestras con cobertura HPMC | 34 |
| 3. Comparación resultados % de grasa para muestras con MC ó HPMC 2% | 34 |
| 4. Humedad muestras con cobertura de MC | 35 |
| 5. Humedad muestras con cobertura de HPMC | 35 |
| 6. Comparación resultados humedad muestras con MC o HPMC 1% | 36 |
| 7. Frecuencia comentarios papas prueba triangular | 44 |
| 8. Frecuencia comentarios "wantan" prueba triangular | 45 |
| 9. Frecuencia comentarios tostadas prueba triangular | 45 |

LISTADO DE ILUSTRACIONES

| Ilustración | Página |
|---|--------|
| 1. Estructura metilcelulosa | 14 |
| 2. Estructura hidroxipropil metilcelulosa | 15 |
| 3. Transferencia de masa y calor simultáneos durante el proceso de freído por inmersión | 17 |
| 4. Muestra de “wantan” al cual no ingresó aceite en el interior | 29 |
| 5. Muestras de papas con cobertura 1% MC, día 4 | 38 |
| 6. Muestras de papas con cobertura HPMC 2%, día 5 | 39 |
| 7. Muestras de “wantan” control y “wantan” con cobertura 1% HPMC | 40 |
| 8. Formación de burbujas en muestras de tostadas 2% HPMC | 42 |
| 9. Formación de moho muestras tostadas 2% MC | 43 |

RESUMEN

Por el volumen y popularidad de las frituras por inmersión y la necesidad de producir alimentos que cumplan con las características y requisitos que el consumidor desea, pero que sean bajas en el contenido de aceite, se realizó un estudio sobre el uso de coberturas de derivadas de celulosa con el fin de obtener frituras bajas en aceite y estudiar si mejoraban las características sensoriales. Se trabajó con hidroxipropil metilcelulosa y metilcelulosa como coberturas, en tres distintas matrices papa, trigo y maíz.

En los análisis fisicoquímicos fue posible observar que las muestras con cobertura de MC retuvieron más humedad, a pesar de que no siempre absorbieron menos grasa. Mientras que para las muestras con cobertura de HPMC todas absorbieron menos grasa y solo algunas muestras retuvieron mayor humedad. Se obtuvo mejores resultados en las pruebas fisicoquímicas y análisis sensorial para las muestras de papa con cobertura de 1%HPMC, para las muestras de “wantan” con cobertura de 1% MC y para las muestras de tostadas con cobertura de 2%HPMC.

De la misma forma, para las tres matrices, los cambios en los atributos sensoriales se generaron principalmente en la textura, mejorando la crujencia. No se encontró diferencias en cuanto a color, sabor u olor. La prueba sensorial triangular demostró que no se encontró una diferencia significativa en las muestras de papa 1%HPMC y “wantan” 1% MC. Sin embargo, para las muestras de tostadas con 2%HPMC sí se encontró diferencias significativas debido a que los panelistas las encontraron más crujientes.

I. INTRODUCCIÓN

Las coberturas comestibles se han utilizado en la industria de alimentos ya que tienen diversos fines y aplicaciones. Además, tienen un bajo costo, propiedades como la flexibilidad y tensión, aportan brillo, forman una barrera contra los gases, agua y microorganismos. Las coberturas de metilcelulosa e hidroxipropil metilcelulosa, se han utilizado para diversos fines. Pero, últimamente se ha trabajado con su propiedad para formar geles a altas temperaturas, con el fin de reducir la absorción de aceite en frituras por inmersión.

Las frituras tienen un impacto económico debido a su consumo y alto volumen de producción. Además, son una fuente de grasas saturadas e insaturadas y tienen un impacto en la salud del consumidor. Es por esto que se han tratado de desarrollar diversos métodos con el fin de disminuir el contenido de aceite que contienen las frituras. El uso de metilcelulosa e hidroxipropil metilcelulosa para la reducción de aceite en frituras se ha observado tener efectos positivos. Además, los estudios han revelado que tiene un efecto en la crujencia del producto, así como en la retención de humedad. Sin embargo, la mayoría de estudios se han realizado para alimentos que incluyen rebozado.

A. Antecedentes

1. Métodos de reducción de absorción de aceite

a. Modificación de las técnicas de freído. Debido a que la mayor parte de la absorción de aceite se da después de remover el alimento del aceite, las condiciones en las cuales permanece el producto después de haber sido retirado del aceite son importantes. Es necesario realizar una agitación y escurrido adecuado del producto después de haberlo removido del aceite. Así como mantener el aceite a la temperatura correcta al igual que los tiempos de freído. (Mellema, 2003) Técnicas alternativas como de vacío, por microondas y a presión parecen ser prometedoras para la reducción en la absorción de aceite. Sin embargo deben de ser estudiadas con mayor profundidad. (Sahin, 2009)

b. Coberturas y rebozados. Sabiendo que la absorción de aceite se produce en la superficie del alimento, la aplicación de una cobertura es una ruta prometedora. La cobertura puede ser delgada e invisible o puede ser gruesa como un rebozado. El mecanismo de acción se debe a que muchas de estas coberturas tienen bajo contenido de humedad, baja permeabilidad de agua, termogelificantes ó entrecruzamiento. Todas las propiedades se utilizan para prevenir la pérdida de humedad y/o modificar la estructura de la superficie formada durante el proceso de freído. (Mellema, 2003)

En principio, es necesario que la corteza del alimento tenga un bajo contenido de humedad, lo cual se puede generar por medio de la aplicación de coberturas bajas en humedad. Polímeros hidrofílicos pueden utilizarse como aglutinantes del agua para reducir la pérdida de agua en la corteza. Si se reduce la pérdida de agua, entonces se puede reducir la absorción de aceite. La mayoría de coberturas de biopolímeros que actúan para reducir la absorción de aceite son polisacáridos. (Mellema, 2003)

Existen tratamientos previos al freído que se pueden realizar como deshidratar el alimento o colocar en una solución de cloruro de sodio. Sin embargo, el problema con estas alternativas es que cambian las características organolépticas deseadas en un alimento frito a pesar de que sí reducen la absorción de aceite. Las papas fritas colocadas en una solución de cloruro de sodio al 3% por 15 minutos previo a la fritura, resultaron más pálidas a pesar de que estaban crujientes. Las papas fritas deshidratadas previo a la fritura, se encontró efectos negativos en el desarrollo del color, ya que resultaron ser más pálidas. En el caso de botanas de tortilla el secado previo al freído, generó aumentos en el tiempo de freído y aumentó el grado de gelatinización del almidón. Esto generó que las botanas fueran más suaves y más porosas. (Sahin, 2009)

Algunas coberturas tienden a ser más firmes produciendo una menor evaporación. Muchas veces el aumento de firmeza se debe a la formación de geles a altas temperaturas o entrecruzamiento. Estos geles firmes reducen la

evaporación y por ende menor difusividad de agua. Se ha estudiado que la formación de poros pequeños lleva a una mayor absorción de aceite debido a un aumento en la presión capilar. La termogelación o entrecruzamiento, puede producir una cobertura más fuerte, pero más quebradiza lo que promueve la formación de poros grandes con menor presión capilar. (Mellema, 2003)

Los films formadores de gel a altas temperaturas son la metilcelulosa (MC) e hidroxipropil metilcelulosa (HPMC). (Mallema, 2003) La aplicación de films y coberturas para la extensión de vida de anaquel de productos procesados data desde los años 30's en donde se utilizaba ceras y otros componentes grasos como coberturas protectoras para prevenir deshidratación y proveer brillo a frutos frescos. (Krochta, J., *et.al* 1994)

HPMC y MC tienen la característica de formar films a altas temperaturas y se han utilizado para disminuir la absorción de aceite en frituras, disminuir la pérdida de humedad y mejorar la adhesión de las pastas a los productos. (Krochta, J., *et.al* 1994)

En productos fritos, es necesario mantener un balance entre retención de humedad y pérdida de agua en la superficie para generar una superficie crujiente. La retención de humedad genera menor absorción de aceite, sin embargo, si la retención de humedad es muy alta da lugar a un proceso más lento que genera un producto suave cuyas cualidades son inferiores. Las soluciones de metilcelulosa se han utilizado como coberturas para papas fritas donde se ha logrado reducir la absorción de aceite y permiten que se evapore la humedad suficiente para obtener una textura crujiente. (Imeson, 2010) Es necesario determinar si un producto no queda crujiente debido a que las coberturas producen una evaporación de agua limitada, lo que podría llevar a alimentos humedecidos y con poca crujencia. (Mellema, 2003)

En un estudio realizado con la adición de hidroxipropil metilcelulosa para bolitas de pollo, se demostró que disminuyó hasta un 22.7% la absorción de aceite. Además, la solución de hidroxipropil metilcelulosa fue capaz de retener un mayor porcentaje de agua hasta de 16.4%. Para bolas de papa picada, se trabajó

con soluciones de de HPMC y MC, y se observó los mismos resultados que para el pollo. (Mohamad, *et.al.*, 2005) Coberturas de hidroxipropil metilcelulosa han provocado que los productos tengan una mayor crujencia lo cual se ha demostrado con parámetros de sonido en pruebas de doblado. (Valera, 2011)

El rebozado se puede considerar como una cobertura gruesa, en donde se pueden aplicar los mismos principios de las coberturas de biopolímeros. Se han realizado estudios que demuestran que el uso de MC o HPMC permite mantener la forma e integridad de croquetas de papa u otros productos formados durante el proceso de fritura. (Imeson, 2010) Un fenómeno llamado “soplado” ocurre a los rebozados en donde se produce una evaporación rápida y migra humedad del interior, generando pérdida del rebozado. (Mohamad, *et.al.*, 2005)

La pérdida de rebozado no solo resulta en deterioro del producto sino contaminación hacia el medio de freído, generando su degradación. Un estudio reveló que el aumentar la concentración de un rebozado de metilcelulosa de 1% a 2% disminuyó la absorción de aceite en anillos de calamar. (Sahin, 2009) En medallones de pescado, se ha utilizado la hidroxipropil metilcelulosa con el fin de mejorar la crujencia después de haber sido recalentados en un horno de microondas, los resultados positivos se deben a la barrera contra la pérdida de agua que ésta provee a altas temperaturas. (Chien, 2008)

c. Modificación del medio de freído. Tomando en cuenta lo importante que es el mecanismo de condensación y las propiedades de los poros de la corteza, el rol que juega el aceite para reducir la absorción del mismo es menor. Sin embargo los factores como la viscosidad y capacidades humectantes del aceite podrían afectar la absorción de aceite. (Mellema, 2003)

El aceite influye menos que el alimento en la absorción de aceite. En general, la absorción de aceite depende más en la calidad del aceite que en su composición o tipo. La calidad del aceite se atribuye a la formación de productos de descomposición, los cuales aumentan la polaridad del medio de freído. (Sahin, 2009)

La composición de ácidos grasos del aceite absorbido por un alimento frito no difiere de la composición de ácidos grasos del medio de fritura. Para alimentos altos en grasa, existe un intercambio entre las grasas y el aceite durante la fritura. Además, el uso de grasa hidrogenada no afecta la absorción del mismo. Existe una relación entre menor absorción de aceite y la degradación oxidativa del mismo. La razón es la combinación de una disminución en la tensión superficial entre el aceite y el aire y un aumento en la viscosidad. Lo cual se ve afectado por la formación de compuestos polares y polímeros. La formación de dichos compuestos determina la vida útil del aceite para frituras. (Mellema, 2003)

Un aumento en la viscosidad del aceite al enfriarlo podría disminuir la absorción de aceite debido a la presencia de grasas duras lo que obstaculizaría la entrada y el flujo de aceite en los poros de la corteza. Sin embargo, esto también llevaría a un escurrido y movimiento del aceite después de freído más complicado. En principio, la cantidad total de aceite que se adhiere a la comida determina la cantidad máxima de aceite que puede entrar en los poros. Esto sugiere que un escurrido fácil podría ser beneficioso. Estudios realizados con chips de maíz han demostrado que conforme aumenta la degradación del aceite el aumento de la viscosidad produce mayor absorción de aceite, porque reduce la posibilidad de escurrirlo. (Mellema, 2003)

Los antioxidantes como tocoferoles, palmitato, fitoesteroles, tocotrienoles y avanoesteroles, tienen un efecto reducido en la absorción de aceite. Debido a que la mayoría de antioxidantes se pierden no resistir las altas temperaturas del aceite así como los compuestos formados durante el proceso. (Mellema, 2003)

B. Justificación

El gran volumen de producción de alimentos fritos, el impacto económico y nutricional del consumo de aceites ha aumentado el interés por la realización de estudios que involucren el proceso de fritura y los mecanismos de transferencia de masa implicados. Las frituras por inmersión generan millones de dólares a nivel mundial. La habilidad de producir frituras que cumplan las características y requisitos que el consumidor desea, pero que a la vez sean bajas en contenido

de aceite representa un valor agregado tanto a la industria como al consumidor. (Ballard, 2003) (Sahin, 2009)

El contenido de grasa saturada e insaturada en un alimento tienen un efecto en la obesidad y las enfermedades crónicas. Los consumidores ahora buscan cuidar su ingesta de grasas. Los productos freídos por inmersión absorben un gran contenido de aceite y por la popularidad de los mismos, es necesario desarrollar métodos que permitan disminuir la absorción de aceite. (Ballard, 2003) (Decker, 2010)

El proceso de frituras por inmersión es una técnica muy popular a nivel mundial. La optimización del proceso de fritura por inmersión permite la simplificación de controles durante el proceso lo que produce beneficios como aumentar el tiempo de uso del aceite y disminuir la absorción de aceite del producto, así como la disminución de las tasas de rechazo de productos a través de las especificaciones más estrictas de control de procesos, la energía y costos de operación reducidos. (Ballard, 2003)

La popularidad de las frituras se atribuye a las características finales del producto. La fritura genera productos con sabores característicos, crujientes por fuera y por dentro jugosos y húmedos. Además, los alimentos fritos tienen aromas atractivos y visuales debido a su color marrón-dorado. El color del alimento después del proceso de fritura es uno de los principales factores en la aceptación de un producto. El color puede controlarse por medio del método de cocción, condiciones del aceite utilizado para la fritura y composición de los ingredientes tanto del producto como del empanado de aquellos que lo contengan. (Gertz, 2010)

El deseo de obtener un producto frito y crujiente, es lo que ha generado estudio de nuevas técnicas para extender y desarrollar la crujencia. A pesar de que la crujencia es un atributo deseado en los productos fritos, no existe un método seguro y exacto para la determinación de la crujencia en un producto. (Ballard, 2003)

En los productos fritos por inmersión, es necesario realizar una evaluación de las características sensoriales y saludables. Las frituras por inmersión presentan el reto de balancear la textura, calidad y vida de anaquel. Además, es necesario mantener un balance entre retención de humedad y pérdida de agua en la superficie para generar una superficie crujiente. La retención de humedad genera menor absorción de aceite, sin embargo, si la retención de humedad es muy alta da lugar a un proceso más lento que genera un producto suave cuya calidad será inferior. (Imeson, 2010)

Existen diversos métodos para la reducción de absorción de aceite como distintos métodos de freído, modificar el aceite de freído y modificar el proceso antes de la fritura. Se han realizado estudios que determinan que una alternativa para la reducción del contenido de aceite en alimentos fritos es el uso de coberturas comestibles a base de hidrocoloides, proteínas ó lípidos. (García, *et al.*, 2002)

La metilcelulosa e hidroxipropil celulosa, son derivados de la celulosa que tienen la característica de formar films a altas temperaturas y se han utilizado para disminuir la absorción de aceite en frituras, disminuir la pérdida de humedad, mantener la integridad y mejorar la adhesión de las pastas a los productos. (Krochta, J., *et al.*, 1994)

En la mayoría de estudios realizados la MC e HPMC se utilizan en el rebozado en la harina, pero no como una cobertura comestible. Las coberturas se han vuelto populares y se han utilizado como una herramienta de valor agregado que han permitido disminuir costos y por ende es necesario estudiarlas. (Mohamad, *et al.*, 2005)

Por las razones mencionadas anteriormente como el amplio consumo de frituras a nivel mundial, la preocupación del consumidor en la ingesta de grasa y la falta de estudios en cuanto al uso de coberturas comestibles derivadas de celulosa para reducir la absorción de aceite en frituras se considera un estudio significativo para la industria de frituras y aditivos. Por los beneficios hacia el consumidor y a la industria.

C. Objetivos

1. General. Utilizar los derivados de celulosa metilcelulosa e hidroxipropil metilcelulosa para reducir la absorción de aceite en frituras por inmersión, así como determinar el efecto en la crujencia y retención de humedad.

2. Específicos

-Comparar los cambios en las características fisicoquímicas (textura, humedad y porcentaje de grasa) de las muestras con cobertura y las muestras control.

-Evaluar cambios en atributos de sabor, color, textura y olor de las muestras a las cuales se les aplicó la cobertura, por medio de análisis sensorial.

-Establecer las proporciones de metilcelulosa e hidroxipropil metilcelulosa con las cuales se obtienen los mejores resultados para las diferentes matrices alimentarias (maíz, papa y trigo).

-Determinar si existe una diferencia significativa sensorial entre muestras control y muestras a las cuales se les aplicó la cobertura.

D. Metodología

Se trabajó con tres distintas matrices papa, trigo y maíz. De las cuales se elaboraron distintos productos: papas fritas (rodajadas), wantan y tostadas. A estas tres matrices, se les realizó cuatro pruebas con soluciones de 1% ó 2% de metilcelulosa o hidroxipropil metilcelulosa. A lo largo del experimento se trabajó con un grupo control al cual no se le aplicaba la cobertura y un grupo al cual se le aplicaba la cobertura al 1% ó 2% de MC ó HPMC, para las tres matrices.

1. Pruebas preliminares. Se determinó el tiempo y temperatura adecuados para cada producto, con el fin de estandarizar el proceso y que este no fuera a ser una variable que afectara los resultados.

a. Papas: Se trabajó con 15g de papas en rodajas de 0.3-0.5mm de grosor y con una circunferencia de 3-6cm durante 3min 30s a 175°C.

b. Wantan: Se realizó las pruebas con 70g (por tela) de wantan durante 5 min y 30s a 170°C.

c. Tostadas: Se trabajó con una formulación de 40% de harina de maíz (Maseca) en 60% de agua. El tamaño de las tostadas era de 7-8cm, grosor de 0.1-0.4cm, con un peso de 15g por tostada. Éstas se freían por 6 min con 30s a 180°C.

d. Aceite: Se trabajó con el mismo aceite vegetal el cual contiene una mezcla de aceite de girasol, soya y oleína de palma, especial para frituras de Naturaceites a lo largo de todas las pruebas.

2. Diseño experimental

a. Preparación de soluciones de 1% o 2% de metilcelulosa e hidroxipropil metilcelulosa. Calentar un 30% del agua a utilizar a punto de ebullición, agitando vigorosamente agregar poco a poco la metilcelulosa o hidroxipropil metilcelulosa, continuar con agitación hasta que esté completamente disuelta. Incorporar dicha solución al 70% de agua restante a temperatura ambiente y agitar.

b. Proceso de freído. Las muestras a las cuales se les aplicaba la cobertura se sumergen completamente en la solución ya sea de 1% ó 2% de HPMC ó MC, previo al freído y para ambas muestras se siguieron los tiempos-temperaturas, pesos y tamaños estandarizados.

E. Análisis fisicoquímicos

1. Determinación de humedad. El porcentaje de humedad se determinó utilizando la balanza de humedad modelo MAC-50/NH, se realizó mediciones en triplicado para las 12 muestras.

2. Determinación de fracturabilidad. Utilizando el texturómetro TA-XT2i, se midió la fuerza ejercida para quebrar la fritura. Para dichas prueba se trabajó con una velocidad de 10mm/s, una distancia de 3mm, con una punta de 1/2", midiendo la fuerza de compresión. Se realizaron las 5 pruebas para las 12 diferentes muestras.

3. Determinación de porcentaje de grasa. Se trabajó mediante el método de Soxhlet para la extracción de grasa. Se pesaron 2 ± 0.0001 g de muestra seca y triturada en papel poroso. Se colocó en la cámara de extracción del aparato Soxhlet y se llenó el balón extractor con 60mL de éter dietílico. Se extrae la grasa

por 4 horas y se deja la muestra en la desecadora hasta alcanzar un peso constante.

El porcentaje de grasa se determinó por medio de diferencia de pesos inicial y final mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} * 100$$

F. Análisis sensorial:

1. Se hicieron observaciones de color, textura, sabor, olor para las 12 muestras, después de haber sido elaboradas, con el fin de determinar cambios sensoriales al aplicar la cobertura. Además, de esta forma se midió la vida de anaquel y los cambios con el paso del tiempo de cada muestra.

2. Prueba triangular: Se llevaron a cabo tres pruebas triangulares con las muestras de papa, wantan y trigo que presentaron los mejores resultados fisicoquímicos y sensoriales.

Se realizó el análisis a 19 panelistas entrenados de la Universidad del Valle de Guatemala, a cada panelista se le entregaron 3 muestras codificadas de manera balanceada (Ver tabla No. 58,59 y 60), dos de ellas iguales y una diferente. Las muestras analizadas fueron: papas con cobertura 1%HPMC, wantan con cobertura 1%MC y tostadas con cobertura 2% HPMC. Se eligieron las muestras por los resultados positivos presentados en las pruebas fisicoquímicas y sensoriales.

Cada panelista eligió la muestra que consideraba diferente y colocó la razón de su elección. Se sumó los resultados de los panelistas que acertaron y para evaluar la significancia de los resultados, se utilizó la prueba binomial de un extremo. Para tener significancia la probabilidad debía ser menor de 0.05. Además, se utilizaron cuadros de frecuencia para agrupar los comentarios de los panelistas que acertaron al encontrar la muestra diferente.

G. Análisis estadístico:

Se analizó la varianza (ANOVA), utilizando la prueba de comparación múltiple con una significancia $P < 0.05$. Con el fin de determinar si existe diferencia significativa entre las muestras control y con cobertura, para las 12 muestras en las tres distintas medidas fisicoquímicas analizadas (humedad, porcentaje de grasa y textura).

II. MARCO TEÓRICO

A. Cobertura comestible

Una cobertura comestible es una capa fina de material comestible en un producto alimenticio, mientras un film comestible es una capa delgada, preformada elaborada de material comestible el cual puede colocarse sobre o dentro del alimento después de haber sido formado. La principal diferencia es la manera en la que se aplican, las coberturas se aplican en medio líquido usualmente por medio de la inmersión del producto en una solución generadora compuesto de la matriz estructural (carbohidratos, proteínas, lípidos o mezcla de multicomponentes). Mientras que un film comestible, primero se moldean las hojas y luego se aplican como envoltura al producto. (Falguera, V., *et al.* 2011)

Las coberturas y films comestibles han tenido aplicaciones especialmente en productos altamente perecederos, y se ha logrado debido a varios factores como costo, disponibilidad, atributos funcionales, propiedades mecánicas (flexibilidad, tensión), propiedades ópticas (brillo y opacidad), la barrera contra el flujo de gases, resistencia a agua y microorganismos y aceptabilidad sensorial. Dichas características se ven influenciadas por parámetros como el tipo de material implementado en la matriz estructural (composición, distribución del peso molecular), las condiciones en las cuales la cobertura se aplica (tipo de solvente, pH, concentración de componentes, y temperatura) y el tipo y concentración de aditivos (plastificantes, agentes de entrecruzamiento, antimicrobianos, antioxidantes o emulsificantes) (Falguera, V., *et al.* 2011)

Las coberturas se clasifican usualmente acorde a su material estructural, como lípidos, proteínas, polisacáridos o compuestos. Los hidrocoloides son los más utilizados e investigados. Dentro de los cuales se puede mencionar: carboximetilcelulosa, caseína, goma guar, etil-celulosa, goma de algarroba, en dónde se utiliza glicerol, sorbitol y sacarosa como plastificante. (Falguera, V., *et al.* 2011)

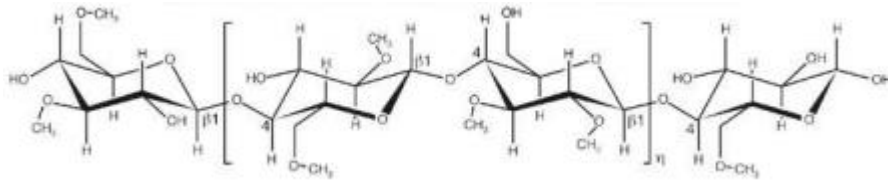
1. Celulosa. La celulosa se encuentra presente en todas las plantas terrestres y es el material estructural en las paredes de las células vegetales. Por lo que está presente en todas las frutas y vegetales y forma parte significativa ingesta de la fibra insoluble en la dieta humana. Es un polisacárido compuesto de cadenas lineales de (1-4)- β -D-glucopiranosil. (Embuscado, 2009) (Krochta, J, *et al.*, 1994)

La celulosa nativa es insoluble en agua debido a el nivel alto de enlaces de hidrógeno intramoleculares, sin embargo por medio de esterificación se producen los derivados como la metilcelulosa (MC), hidroxipropil metilcelulosa (HPMC), hidroxipropilcelulosa (HPC) y sodio carboximetilcelulosa (CMC), los cuales permiten la solubilidad en agua. Además, cambiar el nivel de sustitución de metoxilo, hidroxipropil y carboximetil afecta propiedades físicas y químicas como retención de agua, solubilidad a ciertas temperaturas, habilidad de formación de gel y solubilidad de sistemas no acuosos. (Krochta, J, *et al.*, 1994)

a. Éteres de Celulosa No Iónicos. La metilcelulosa (MC), hidroxipropil metilcelulosa (HPMC) e hidroxipropilcelulosa (HPC), son no iónicos, solubles en agua y con buenas propiedades para formar films y coberturas. Forman films flexibles y transparentes debido a su estructura lineal del esqueleto del polímero. (Krochta, J., *et al.*, 1994)

b. Metilcelulosa (MC). Es un compuesto lineal, no iónico derivado de la sustitución de metil en la celulosa. Esta sustitución química hace su estructura más abierta y por impedimento estérico no permite que se produzca una re-asociación cuando se seca. Dicha sustitución es la que permite que la metilcelulosa sea soluble en agua fría, ya se forman más cantidad de puentes de hidrógeno por su estructura más abierta. (Embuscado, 2009)

Ilustración No. 1 Estructura metilcelulosa

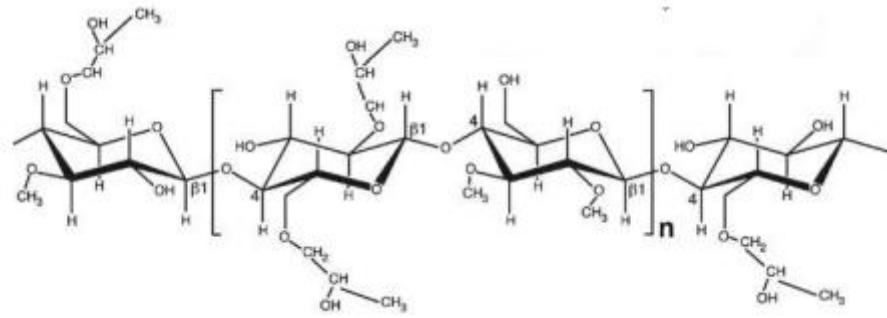


(Embuscado, 2009)

La MC tiene la propiedad especial que se disuelve completamente en agua fría y forma una solución transparente, y forma geles de 48° a 64°C. El proceso de gelificación es una etapa del proceso de floculación, en donde las moléculas de MC pierden agua lo que produce que las moléculas se compriman o se asocien inmediatamente. Dependiendo de la concentración, la solución de MC caliente puede conservar el gel o puede caer y posarse. Para una solución al 2% de alta viscosidad de MC en agua (~6,000-8,000cP) la solución permanecerá como una gel intacta, pero presentará un grado de sinéresis. A menores concentraciones de MC, o la presencia de solutos que compiten o sólidos insolubles que interfieren, la MC puede caerse por completo de una solución. Al enfriar la solución, la MC se pueden re disolver en agua y vuelve a espesar. MC es estable a un pH de 3-11. (Embuscado, 2009) La MC, es la menos hidrofílica de los éteres de celulosa, produce films relativamente altos a la permeabilidad al vapor. (Krochta, J., *et.al.*, 1994)

c. Hidroxipropil metilcelulosa (HPMC). La hidroxipropil metilcelulosa es un éster de celulosa, con la misma estructura que la metilcelulosa, que además de la sustitución del metilo, en los grupos libres hidroxilo se sustituyen con grupos hidroxipropil, lo que produce que esta molécula se abra aún más. La HPMC es soluble en agua fría, pero su temperatura de floculación es mayor a los 82°C. En contraste a la MC, una solución al 2% de HPMC en agua, cuando se calienta a 82°C o más, genera que la goma hidratada caiga completamente fuera de la solución. Similar a la MC, es posible volver a disolverla cuando el agua enfríe a temperatura ambiente o temperaturas menores. (Embuscado, 2009)

Ilustración No. 2 Estructura hidroxipropil metilcelulosa



(Embuscado, 2009)

La HPMC es capaz de producir films fuertes, pero no tan fuertes como los que se producen a base de MC. Al igual que la MC, su estructura lineal y su naturaleza no iónica son ideales para la formación de micelas o films, excepto que los grupos grandes de hidroxipropil mantienen las cadenas de polímeros más separadas debido al impedimento estérico. (Embuscado, 2009)

Las soluciones de HPMC son excepcionalmente transparentes, fluidas y suaves. Tienen un comportamiento pseudoplástico con disminución de la viscosidad si le aplica una fuerza de corte, sin embargo esta regresa a la viscosidad original al retirar la fuerza de corte. (Imeson, 2010)

d. Preparación de soluciones de éteres de celulosa no iónicos. Se puede considerar un proceso que consta de dos pasos: dispersión e hidratación. Una disolución incompleta de partículas puede llegar a generar aglomeraciones hidratadas solamente en el exterior. Se recomiendan cuatros procedimientos para producir soluciones libres de aglomeraciones. (Krochta, J., *et al.*, 1994)

El primero consta de agregar el polvo a un vórtice de agua a temperatura ambiente, agitado correctamente. La tasa de adición debe ser lo suficientemente lenta para permitir que las partículas se puedan separar en el agua y sus superficies puedan mojarse de manera individual. La agitación se debe continuar hasta que todas las partículas están disueltas y la solución está libre de geles. Si es posible se debe agregar la MC, HPMC o HPC antes de agregar otros

ingredientes solubles, debido a que estos pueden competir por el solvente y desacelerar la tasa de solubilidad de estos compuestos. El segundo procedimiento es el mezclado en seco. Se debe mezclar en seco el polvo con cualquier otro ingrediente inerte o no polimérico soluble que se utilice en la formulación. El mezclado permite dispersar el polvo y reduce la tendencia a formar aglomeraciones. El tercer procedimiento es dispersar el derivado de celulosa en una solución miscible en agua como glicerina, etanol o propilenglicol, y luego agregar esta mezcla al agua. El cuarto método involucra un dispositivo de acero inoxidable en el cual el polvo se alimenta por medio de una pared en forma de embudo a un eyector de un chorro de agua. Se logra la dispersión por medio de la turbulencia generada por el agua que circula a una alta velocidad. (Krochta, J., *et.al.*, 1994)

Las soluciones de MC, HPC y HPMC son estables a un pH de 2-11. Son compatibles con agentes surfactantes, otros polisacáridos solubles en agua y sales (sulfato de aluminio, cloruro de calcio, acetato de sodio, carbonato de sodio y cloruro de sodio). Si se encuentran en altas concentraciones de sal, las soluciones de celulosa tienden a precipitarse. Dichas soluciones pueden preservarse con la adición de ácido benzoico y su sal, ácido sórbico y su potasio, sodio y sales de calcio, propionato de calcio y metil y propil parahidroxibenzoato. (Krochta, J., *et al.*, 1994)

Las soluciones acuosas de MC y HPMC son pseudoplásticas y muestran poca tixotropía. Es decir su viscosidad no cambia dependiendo del tiempo, ya que al retirar la fuerza de corte regresan a su estado original. La capacidad de ser pseudoplástica aumenta respecto a su concentración y peso molecular. A bajas concentraciones de los polisacáridos en agua, presentan un comportamiento Newtoniano. (Imeson, 2010)

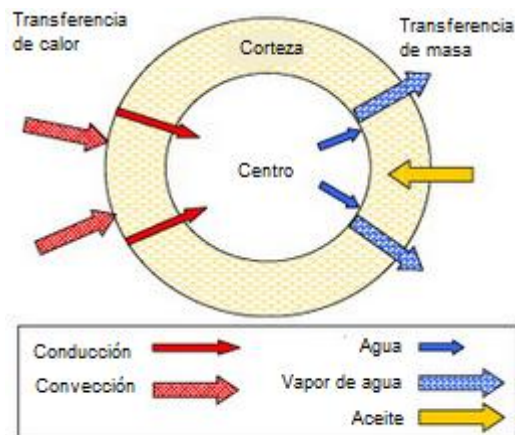
B. Proceso de freído por inmersión

El proceso de fritura genera miles de millones de dólares a nivel mundial. En Estados Unidos, más de 500,000 restaurantes comerciales consumen anualmente aproximadamente un millón de toneladas métricas o $2.0 \cdot 10^9$ lbs. de aceites y grasas. Las frituras son un proceso popular debido a las características

finales obtenidas. Dicho proceso genera productos con olores apetitosos y un color dorado-café. (Ballard, 2003)

El proceso de fritura es complejo debido a que ocurren una serie de fenómenos de manera simultánea a lo largo del proceso. Simultáneamente, se está produciendo un calentamiento y se está dando una transferencia de aceite y agua entre el producto y el medio de calentamiento. Además, se produce una corteza en la capa superior. De la misma forma, la composición del aceite cambia continuamente durante el proceso. Es sumamente importante comprender que es lo que sucede durante el proceso de freído si se quiere optimizar dicho proceso. Asimismo, es importante considerar que no todos los productos se comportan de igual manera debido a sus características químicas y físicas. (Ballard, 2003)

Ilustración No. 3 Transferencia de masa y calor simultáneos durante el proceso de freído por inmersión



El proceso de frituras por inmersión consta de un cocimiento por contacto directo con aceite a temperaturas de 180-205°C. Es un proceso que involucra tanto transferencia de masa como de calor. El calor se transfiere del aceite hacia el producto, mientras que la humedad se transfiere del producto al aceite. Una vez el agua dentro del producto se evapora, se generan espacios vacíos, los cuales son ocupados por el aceite. (Ballard, 2003)

Durante el proceso de freído el aceite se transfiere al alimento, a un nivel de 10-40%. La grasa del alimento también se transfiere al aceite. (Gunstone, 2008)

En ciertos productos fritos por inmersión se ha determinado que el contenido de aceite puede representar hasta el 50% de su peso total, muchos de estos lípidos pueden no encontrarse antes del proceso de freído. En papas fritas se ha estudiado que el contenido de lípidos aumenta de 0.2 a 14%, en chips de papa puede llegar hasta un 40%, en pescado crudo de 1.4 a 18%. (García, *et.al.*, 2002)

El producto final después del proceso de freído sufre una serie de cambios como pérdida de humedad, porosidad, absorbe aceite, cambios de tamaño, forma, área superficial, volumen y densidad debido a que este se encoge. Los cambios en los poros del producto influyen la difusividad de agua y la absorción de aceite. Cambios bioquímicos también se producen durante el freído. El sabor, color y olor característicos se producen por la reacción de Maillard en la superficie. (Sahin, 2009)

1. Transferencia de calor. Dentro del proceso de fritura se dan dos fenómenos de transferencia de calor: la convección y conducción, siendo el aceite el intermediario. El calor se transfiere del aceite a la superficie del producto por medio de convección, y luego se transfiere de la superficie al interior del producto por medio de conducción. Las propiedades del producto como el calor específico, conductividad térmica y densidad afectan la tasa en la que se transfiere el calor. Las magnitudes de estas propiedades cambian durante el proceso de fritura. (Ballard, 2003)

El agua es un factor importante en la transferencia de calor por convección. El agua migra de la parte central del producto hacia las paredes externas y los bordes para reemplazar el agua que se pierde por la deshidratación en la superficie. Al producirse el cambio de fase de líquido a vapor del agua, la energía térmica del aceite de fritura se pierde, lo que impide que el producto pueda quemarse debido a la deshidratación excesiva. Debido a la habilidad del agua para remover la energía térmica del aceite, la temperatura del producto alcanza aproximadamente los 100°C, a pesar de que la del aceite se encuentre como en 180°C. Conforme el agua se va escapando del interior del producto y se encuentran en contacto con el aceite caliente, se forman burbujas que se mueven

vigorosamente a lo largo del aceite, generando turbulencia. La turbulencia produce un aumento en la transferencia de calor. La cantidad de burbujas de vapor de agua disminuyen conforme aumenta el tiempo de fritura debido a la disminución de la cantidad de agua en el producto. (Ballard, 2003)

2. Transferencia de agua. Generalmente se produce una pérdida de materia durante el proceso de fritura debido a la difusión constante de agua desde el producto. El agua se evapora de la superficie del producto debido a que existe un diferencial de presión entre el producto y el aceite. La tasa de transferencia de agua se relaciona de manera directa con la temperatura del aceite y el tiempo de fritura. La tasa de pérdida de agua disminuye mediante el tiempo de fritura aumenta. (Ballard, 2003) Es probable que el volumen total de grasa sea igual al volumen de agua que se evaporó.

Un deshidratado rápido es crítico para obtener una textura deseable en el producto final. Sin embargo, no es deseable obtener un exceso de deshidratación ya que puede resultar en una mayor absorción de aceite. Si el producto final tiene un contenido alto de humedad usualmente tiene un menor contenido de grasa. Pero es necesario encontrar el equilibrio entre retención de aceite y contenido de humedad. (Ballard, 2003)

3. Transferencia de aceite. La absorción de aceite hacia el producto se ve influenciada por la temperatura del aceite, tiempo de freído y contenido de humedad en la superficie, área y presión superficial. Existe una relación directamente proporcional entre el área superficial y la cantidad de aceite absorbida. Específicamente, las proporciones entre el peso del producto y el volumen de aceite, así como el área superficial del producto al volumen son extremadamente importantes ya que determinan que cantidad de aceite puede penetrar al producto. Un aumento en la relación de superficie y masa del producto genera un aumento en la absorción de aceite. (Ballard, 2003)

Algunos parámetros que dependen de la absorción de aceite respecto al producto son composición, estructura superficial, composición de la superficie, humedad, contenido de lípidos, forma del producto, porosidad y tratamiento

previo al freído. La absorción de aceite puede variar desde 6% hasta un 40% dependiendo de las características mencionadas anteriormente. (Sahani, 2009)

Otra interpretación del mecanismo de absorción de aceite, es que la absorción de aceite se produce principalmente cuando el aceite adherido al producto en el momento que se retira de la freidora, debido a la condensación de vapor en los poros del producto que genera un vacío. La absorción de aceite ocurre esencialmente en el período de enfriamiento después de haber sido freído. (Ballard, 2003) Los productos secos en la superficie pueden mojarse y absorber aceite. Las principales fuerzas que llevan a la absorción de aceite son el mecanismo de condensación y de capilaridad. (Sahin, 2009)

Sabiendo que el aceite puede penetrar donde el agua se ha evaporado, este fenómeno sucede cuando la temperatura de freído ha llegado a ser suficientemente alta. (Ballard, 2003). Estudios han demostrado que la absorción de aceite durante el proceso de freído se da en la corteza. Se han realizado estudios en donde la corteza contiene más de 6 veces la cantidad de aceite que en el interior del producto. La presencia de grasa sólida también es otro argumento del cual se puede probar que el aceite se acumula en la superficie. Debido a que el aceite para frituras contiene una porción de grasa que se solidifica cuando se enfría. Si esta grasa solidifica, será más difícil removerla o drenarla del producto o penetrar hacia el centro del producto. Por lo que se considera que el total de grasa absorbida se debe a la penetración en la corteza del producto así como la grasa que se solidifica en la superficie. (Mellema, 2003)

Durante el proceso de freído, se crea una sobrepresión dentro de los poros debido al vapor que se está escapando del producto. Es por esto que el aceite no puede penetrar al alimento. Esta barrera de vapor probablemente continúa unos segundos después de que el alimento se remueva del aceite. Después de removerlo del aceite la temperatura baja y el vapor en la superficie se condensa, la sobrepresión se convierte en baja presión. Debido a que la mayoría de poros en la superficie usualmente se encuentran llenos de vapor, el aceite se deposita a estos poros como resultado de la evaporación del agua. A este fenómeno se le llama el mecanismo de condensación. (Mellema, 2003)

Existen diversas situaciones que se pueden dar en los poros del alimento y estas influirán en la absorción de aceite. Si el poro contiene agua, el aceite no puede entrar con facilidad. En el curso del proceso de fritura, este carácter hidrofílico será menos pronunciado pero rara vez entrará el aceite. Además, el agua no puede ser comprimida y cualquier absorción de aceite puede llevar al transporte de agua hacia cualquier parte. De esa forma, si el poro contiene agua, no podrá absorber aceite. (Mellema, 2003)

El segundo caso, se da cuando el poro contiene vapor de agua. El vapor de agua se considera hidrofóbico, y es más fácil humedecer el alimento con aceite que con vapor. La humectación dependerá del balance de la tensión superficial y particularmente la tensión entre el aceite y el alimento. Dicha tensión debe ser alta para reducir la absorción de aceite. Se ha demostrado que un alimento con poros estrechos absorberá más aceite. La profundidad del poro también afecta la absorción, mientras más profundo mayor es la absorción de aceite. La porosidad en la superficie se asocia con la rugosidad del producto y la absorción de aceite. Cuando más rugoso sea, mayor será la absorción. (Mellema, 2003)

Otro caso se da cuando el poro está lleno de agua y esta puede condensarse y dar paso al aceite. La condensación de vapor puede actuar como una fuerza adicional para que el aceite entre con mayor facilidad. Así como el caso en el que el poro esté lleno con vapor de agua y este pueda escapar. El fenómeno de condensación puede minimizar el efecto capilar al momento del enfriado a pesar de que aun se produzca la absorción de aceite. (Mellema, 2003)

C. Formación de la corteza en un producto frito

La formación de una capa dorada-café y crujiente en la superficie de un producto es la característica principal de las frituras. Esta capa conocida como la corteza, se forma en una cuestión de minutos en cuanto el producto entra en contacto con el aceite. Se produce por una serie de cambios tanto químicos como estructurales del producto. El color dorado de la corteza se le atribuye a la reacción de Maillard, la cual involucra la reacción entre proteínas y azúcares

reductores, que se produce por el bajo contenido de humedad y altas temperaturas. (Ballard, 2003)

La corteza provee una barrera entre el centro del alimento y el aceite que lo rodea. Debido a que se encuentra seca e inhabilidad de conducir calor efectivamente, la corteza limita la transferencia de calor. Esta no solamente influencia la transferencia de masa y calor durante el proceso de freído, sino también influencia la cantidad de aceite absorbido. El aceite tiende a concentrarse cerca de las esquinas, bordes y aberturas. Conforme el tiempo de freído aumenta, la corteza empieza a engrosarse y esta no permite que pase el aceite hacia el producto. (Ballard, 2003)

Una formación adecuada de corteza se puede medir por medio de evaluaciones sensoriales o instrumentales. Los parámetros como crujencia, fragilidad y ternura son difíciles evaluar instrumentalmente, por lo que es más fácil medirlas de manera sensorial. Además de parámetros como aceitoso, jugoso, harinosidad y sensación grasosa se puede realizar por medio de un panel entrenado. (Fizman, 2003)

D. Aceite para frituras

Las grasas y aceites forman parte de los roles sensoriales y funcionales en las frituras. Son los responsables de acarrear, intensificar y promover el sabor de otros ingredientes para desarrollar la textura y sabores característicos. El aceite de fritura es un factor muy importante ya que determina la calidad final de una fritura por inmersión. Durante este proceso el aceite representa el medio de transferencia de calor ya que llega a temperaturas de 180°C a 200°C o más. (Ballard, 2003)

Durante el proceso de freído, se produce transferencia de masa y calor. Cuando el aceite se mantiene entre 150-180°C existe una zona de producto seca más cercana a la superficie con una temperatura entre 103-1050°C, una zona de vaporización (100-103°C), una zona de migración (100°C) y en el centro del alimento existe una región líquida (75-100°C). Se produce un movimiento de agua conforme el vapor es acarreado hacia el aceite. (Gunstone, 2008)

Las temperaturas elevadas y el uso constante del aceite para freído, aumenta su susceptibilidad a rancidez por lipólisis o autooxidación. La reacción de lipólisis es catalizada por lipasas y en ciertas condiciones por las altas temperaturas y en presencia de agua, genera la hidrólisis del enlace éster de los triacilglicéridos y de los fosfolípidos y se liberan ácidos grasos. En el caso de la autooxidación se oxidan los ácidos grasos insaturados, aquí se generan compuestos que mantienen y aceleran la reacción (radicales libres e hidroperóxidos) y se sintetizan sustancias de bajo peso molecular como aldehídos, cetonas y ácidos que confieren el olor típico de grasa oxidada. (Badui, 2006)

La rancidez genera más de 400 compuestos químicos, incluyendo 200 compuestos volátiles identificados en aceite para frituras rancio. Los productos de descomposición, la temperatura del aceite, rotación del aceite, naturaleza del producto frito, presencia de oxígeno y agua, y el mantenimiento del equipo de freído son todos factores que afectan la degradación del aceite. Cambios químicos y físicos en el aceite pueden prolongar el tiempo de freído, aumentar la absorción de aceite por el producto y disminuir el valor nutricional del producto. Los principales elementos del aceite para fritura son un sabor suave, color pálido y buena estabilidad térmica y oxidativa durante el proceso. (Ballard, 2003)

El aceite para frituras se usa varias veces a temperaturas elevadas con la presencia de oxígeno y agua. Esto resulta en la acumulación de productos de descomposición que afectan la calidad del producto y la salud del consumidor. El aceite se encuentra expuesto a la acción de cuatro agentes que causan cambios drásticos en su estructura. El primero es el contenido de humedad dentro del producto, ya que esta produce oxidación, el segundo es el oxígeno en contacto con el aceite que también promueve la oxidación, el tercero son las temperaturas altas y el cuarto es la contaminación por los ingredientes, ya que durante el proceso de freído no solamente el agua pasa del producto hacia el aceite, sino que también otros compuestos. (Ballard, 2003) (Mellema, 2003)

Se ha demostrado que a un mayor tiempo de freído y a temperaturas más altas, el contenido de compuestos dentro del aceite de freído aumenta. Sin embargo, si la temperatura se encuentra muy baja, el producto debe permanecer en el aceite durante más tiempo para estar completamente dorado. Este aumento en el tiempo de freído aumenta la absorción de aceite del producto. (Ballard, 2003)

Aceites sumamente oxidados pueden causar cambios en el valor nutricional del alimento frito. Ya que disminuye el contenido de ácidos grasos poliinsaturados y estos pueden representar parte de los requerimientos diarios para el metabolismo. Además, muchos de los productos de descomposición como los radicales libres pueden ser dañinos para la salud ya que pueden destruir vitaminas, inhibir enzimas y pueden ser carcinógenos. (Mellema, 2003)

1. Extensión de la vida del aceite usando hidrocoloides. El grado de insaturación del aceite, las temperaturas altas y la presencia de oxígeno aceleran las reacciones de degradación. La humedad y otros compuestos presentes en el producto migran al aceite y también pueden acelerar la degradación. La capacidad de ciertas gomas e hidrocoloides para alargar la vida útil del aceite se ha demostrado ya que se pierde menos producto en el rebozado y hay menor transferencia de humedad. (Valera, 2011)

La capacidad de ciertos hidrocoloides como lo son la metilcelulosa e hidroxipropil metilcelulosa de formar una barrera para la transferencia de humedad del producto hacia el medio de freído, ha demostrado que alarga la vida útil del producto. En estudios realizados con tiras de pollo, las coberturas permitieron reducir la transferencia de humedad y alargar la vida útil del aceite. (Varela, 2011)

E. Nutrición y salud

Los ácidos grasos saturados y los ácidos grasos trans tienen un efecto importante en la salud, ya que pueden incrementar el riesgo de enfermedades cardiovasculares, esto se debe a la acumulación de lípidos en la sangre. Niveles altos de colesterol en la sangre como el colesterol de baja densidad (LDL)

aumentan el riesgo de problemas cardiovasculares. Los ácidos grasos trans aumentan el nivel de lipoproteínas de baja densidad (LDL) y de colesterol en la sangre. Además, pueden generar otras enfermedades crónicas como obesidad o presión alta. (Williams, 2006) (Varela, 2011)

Los ácidos grasos saturados son usualmente de origen animal, sin embargo también pueden provenir de origen vegetal como es en el caso del aceite de palma y grasa de coco. Las tendencias actuales para reducir el riesgo de padecer enfermedades cardíacas es reducir el consumo de alimentos altos en grasas saturadas y trans. Es por esto que la industria de frituras ha tratado de reducir el uso de grasas trans. (Williams, 2006) (Decker, 2010)

Los productos freídos por inmersión absorben un gran contenido de aceite es por esto que al utilizar un aceite insaturado puede mejorar las características nutricionales del mismo. Sin embargo, no solamente se pueden mejorar las características del medio de freído sino que también el producto para disminuir la absorción de aceite. (Decker, 2010)

F. Tipos de frituras

Los productos fritos son aceptados a nivel mundial, sin embargo existe variaciones geográficas debido a la materia prima disponible en cada lugar, y la cocina regional o tradicional de cada parte del mundo. Además, las cadenas de restaurantes de comida rápida introducen todo tipo de frituras como papas fritas, pollo frito, aros de cebolla y medallones de pollo. De la misma forma, muchos alimentos de consumo masivo pasan por un proceso de freído como lo son los productos extruidos, papas u otros tubérculos y nueces. Muchos de los productos extruidos se producen a partir de harina de maíz por su capacidad de expandirse a altas temperaturas. (Varela, 2011)

En Estados Unidos, las papas representan las frituras más comunes seguidas de frituras de tortilla o maíz. En el 2001, las papas fritas representaron ventas de 6,039.2 millones de dólares, las botanas de tortilla y maíz representaron 4148.2 y 933.7 millones de dólares respectivamente. (Monoj, 2004)

Las botanas de papa, maíz y tortilla usualmente son de textura crujiente debido a su bajo contenido de humedad, atribuido a su frágil, porosa y agujerada estructura después del proceso de fritura. La humedad inicial de las botanas de maíz o tortilla es de aproximadamente 50%. (Sahin, 2009) (Hui, 2003)

Las papas han sido una de las materias primas más utilizadas para el proceso de freído. Las papas se han convertido en el cultivo más importante en países como Estados Unidos. Se han desarrollado una diversidad de productos fritos derivados de las papas como son las papas fritas (al estilo francés) de distintos tamaños, recubiertas con rebozados, rodajadas, croquetas, entre otros. (Hui, 2003)

Las papas fritas al estilo francés requieren de temperaturas entre los 170-190°C durante el momento de fritura y su humedad final usualmente es de 38% y absorben un 15% de aceite. Las papas fritas tipo botanas poseen una humedad final de 1.7% y absorben aproximadamente un 35% de aceite. En el caso de las papas fritas al estilo francés poseen dos regiones: una región externa deshidratada y crujiente donde se deposita el aceite y la región interna la cual es húmeda y libre de aceite. La corteza externa es muy similar a la estructura de una papa frita tipo botana o rodajada. (Sahin, 2009)

El trigo se utiliza en productos como donas o rebozados como una cobertura. Es sumamente utilizado debido a su alto contenido de proteína y almidón. En regiones de Asia se consumen en grandes cantidades productos derivados de trigo fritos, como fideos, “dumplings” o “wantan”. (Dixon, 2009)

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Pruebas preliminares

Se hicieron pruebas preliminares para estandarizar los procesos y tiempos de freído. Se seleccionó las temperaturas y tiempos que permitían alcanzar el sabor, textura y color característico para las papas, “wantan” y tostadas. Los tiempos y temperaturas se muestran a continuación:

Tabla No. 1 Tiempos y temperaturas de fritura para cada matriz

| Producto | Tiempo $\pm 0.5s$ | Temperatura $\pm 0.5^{\circ}C$ |
|----------|-------------------|--------------------------------|
| Papas | 3'30" | 175°C |
| “Wantan” | 5'30" | 170°C |
| Tostadas | 6'30" | 180°C |

Las pruebas preliminares se llevaron a cabo con el fin de que el tiempo y la temperatura no fueran una variable que pudiese afectar los resultados.

B. Diseño experimental

1. Resultados de análisis fisicoquímicos.

a. Muestras con cobertura 1% metilcelulosa. Para todas las muestras se evaluó los factores de humedad, porcentaje de grasa y fracturabilidad. Con el fin de observar si el uso de coberturas iba a disminuir la absorción de aceite, afectar la retención de humedad y mejorar la crujencia de las muestras.

En la Tabla No. 2 es posible observar los resultados para las tres distintas matrices tanto los resultados para las muestras control como aquellas a las que se les aplicó la cobertura al 1% de MC. En el caso de las papas se observa un aumento en la humedad de casi 75% para las muestras con cobertura, así como una disminución de absorción de grasa de aproximadamente 6% la cual fue estadísticamente significativa. En el caso de la fracturabilidad, se observa que había que ejercer una mayor fuerza en las papas con cobertura, lo que indica que estaban más crujientes, sin embargo no se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$).

Tabla No. 2 Resultados de análisis fisicoquímicos para muestras con 1%MC

| | | % Humedad | % Grasa | Fracturabilidad (g) |
|----------------|----------|-------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Control | Papas | 15.2875± | 18.9248 ± | 576.4 ± |
| | | 1.4194*10 ⁻⁴ | 3.2780*10 ⁻⁶ | 2.5977*10 ⁻⁴ |
| | "Wantan" | 2.5773 ± | 8.8141± | 1,403.8± |
| | | 1.3983*10 ⁻⁴ | 1.4115*10 ⁻⁶ | 2.4348*10 ⁻⁴ |
| | Tostadas | 1.5326± | 11.1691 ± | 2,955.3± |
| | | 1.4534*10 ⁻⁴ | 1.8880*10 ⁻⁶ | 2.9714*10 ⁻⁴ |
| 1% MC | Papas | 26.6865± | 17.8408± | 817.7± |
| | | 1.7032*10 ⁻⁴ | 2.9425*10⁻⁶± | 4.6719*10 ⁻⁴ |
| | "Wantan" | 2.8406 ± | 2.9747± | 1,705.2 ± |
| | | 1.0377*10 ⁻⁴ | 4.8621*10⁻⁷± | 2.5398*10 ⁻⁴ |
| | Tostadas | 2.0920± | 11.6300 ± | 2,078.6 ± |
| | | 1.2908*10 ⁻⁴ | 1.9948*10 ⁻⁶ | 2.8436*10 ⁻⁴ |

Muestras con (± y negrita) representan diferencias estadísticamente significativas entre muestra control y muestra con cobertura ($p < 0.05$).

Para el "wantan", la humedad aumentó un 10%, mientras la grasa disminuyó un 66% para la cual existió una diferencia significativa ($p < 0.05$), en fracturabilidad, el "wantan", con cobertura requería de más fuerza a pesar de que no se encontró una diferencia significativa en los resultados.

En el caso de las tostadas, éstas presentaron una mayor humedad 4%, sin embargo presentaron un leve aumento en absorción de grasa (menor al 1%) y menor fracturabilidad. Esto probablemente se deba a que tal como indica Mellema (2003:370), la cobertura haya creado una barrera tan fuerte que no permitió que el agua se evaporara, generando que las muestras fuesen más húmedas y menos crujientes.

b. Muestras con cobertura 1% hidroxipropilmetilcelulosa. En la Tabla No. 3 se presenta los resultados obtenidos al aplicar la cobertura de 1% HPMC, en el caso de las papas, se observó una disminución de más de 20% de grasa, lo que prueba la efectividad de la cubierta hidrofílica en la reducción de absorción de aceite como indica Priya (1996:334). Las papas con cobertura se encontraban con mayor crujencia, probablemente porque estas perdieron más humedad después de haber pasado por el proceso de freído.

Para las muestras de “wantan”, se obtuvieron los resultados esperados una mayor retención de humedad y disminución en el porcentaje de grasa (40%), acompañado de un aumento en la fuerza aplicada en la fracturabilidad. A pesar de estos resultados obtenidos, no se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$). Como menciona Mellema (2003:370), fue posible evitar el proceso en el cual el agua condensada es reemplazada por aceite. Al perder una menor cantidad de agua, las muestras absorbieron una menor cantidad de aceite, sin embargo perdieron la cantidad de agua suficiente en la corteza que permitió que estas tuviesen una mayor fracturabilidad.

Tabla No. 3 Resultados de análisis fisicoquímicos para muestras con 1%HPMC

| | | % Humedad | % Grasa | Fracturabilidad (g) |
|--------------------|----------|---|--------------------------------------|---|
| Control | Papas | 17.7009± 1.6088*10 ⁻⁴ | 20.3851 ± 3.7957*10 ⁻⁶ | 866.1± 3.0381*10 ⁻⁴ |
| | “Wantan” | 4.0818 ± 1.4166*10 ⁻⁴ | 10.2324± 1.7866*10 ⁻⁶ | 1166.8± 2.037*10 ⁻⁴ |
| | Tostadas | 10.0032± 1.4540*10 ⁻⁴ | 17.9232± 3.3478*10 ⁻⁶ | 343.3± 4.2281*10 ⁻⁴ |
| 1% HPMC | Papas | 13.3909± 1.4295*10 ⁻⁴ | 16.0488± 3.0556*10 ⁻⁶ | 5447.9 ± 2.7367*10 ⁻³ |
| | “Wantan” | 5.1500 ± 1.426*10 ⁻⁴ | 6.0270± 1.0045*10 ⁻⁷ | 1393.3± 1.7564*10 ⁻⁴ |
| | Tostadas | 1.8749± 1.4182*10⁻⁴ ± | 15.6270 ± 2.8453*10 ⁻⁶ | 1661.7± 2.4206*10⁻⁴ ± |

Muestras con (± y resaltadas) representan diferencias estadísticamente significativas entre muestra control y muestra con cobertura ($p < 0.05$).

En el caso de las tostadas, se observó una disminución en la retención de humedad de casi 80%, una disminución de la absorción de grasa de aproximadamente un 13% y una diferencia significativa en la fracturabilidad. La pérdida de crujencia en las muestras control tal como menciona Vliet (2007: 1125) se debe a:

«La crujencia de un producto se pierde cuando se absorbe una mayor cantidad de aceite en la superficie durante el fenómeno de condensación al enfriar el producto.»

Dicha afirmación se puede comprobar con los resultados obtenidos ya que las muestras con cobertura (1%HPMC) absorbieron menos grasa y requirieron de

una mayor fuerza de fracturabilidad indicando que estaban más crujientes que las muestras control.

En el caso de las muestras como las papas y tostadas que perdieron humedad probablemente se deba a que como menciona Krochta, J. *et al* (1994:214) los films producidos por HPMC son más permeables al vapor comparados a los films de MC. Produciendo así que se pierda más humedad, por la naturaleza de las coberturas.

c. Muestras con cobertura 2% metilcelulosa

Tabla No.4 Resultados de análisis fisicoquímicos para muestras con 2%MC

| | | % Humedad | % Grasa | Fracturabilidad (g) |
|----------------|----------|--|--|--|
| Control | Papas | 1.9250± 3.978*10 ⁻⁴ | 8.2344± 1.5838*10 ⁻⁶ | 3921.98 ± 4.80244 *10 ⁻³ |
| | “Wantan” | 1.4374± 2.1205 *10 ⁻⁴ | 7.2339 ± 1.1507*10 ⁻⁶ | 1273.74± 5.1078*10 ⁻⁴ |
| | Tostadas | 5.11065± 1.412*10 ⁻⁴ | 9.6094 ± 1.6766*10 ⁻⁶ | 1125.08± 2.2762*10 ⁻⁴ |
| 2% MC | Papas | 15.8763± 1.4143*10⁻⁴ ± | 15.1158 ± 2.7431*10⁻⁶± | 218.02± 2.4308*10 ⁻⁴ |
| | “Wantan” | 8.3430± 2.4308*10⁻⁴ ± | 4.6229 ± 7.6615*10 ⁻⁷ | 813.95 ± 2.8523*10 ⁻⁴ |
| | Tostadas | 3.53225± 1.4296*10 ⁻⁴ | 9.5766 ± 1.7189*10 ⁻⁶ | 1866.86± 1.8433*10 ⁻³ |

Muestras con (± y resaltadas) representan diferencias estadísticamente significativas entre muestra control y muestra con cobertura (p<0.05).

Al aplicar la cobertura de 2% de MC, en el caso de las papas se observó que aquellas con la cobertura absorbieron más grasa, además las estaban más húmedas y con menor fracturabilidad. Tal como indica Mellema (2003:368), la termogelación o entrecruzamiento podría producir una cobertura más fuerte, pero más quebradiza promoviendo la formación de poros más grandes con menor presión capilar, produciendo así que las muestras con cobertura absorbieran más aceite y tuvieran menos crujencia.

Además, una mayor humedad puede deberse, como explica Chen (2008: 1341):

«Las moléculas de agua pueden ser absorbidas por el film de MC y aquellas que no son absorbidas podrían atravesar dicho film y permear la corteza. »

De la misma forma, como es indicado por Krochta (1994:214), la MC es alta a la permeabilidad del vapor, y en este caso fue tan alta que no permitió que se evaporara el agua. Por lo que no se produjo el balance adecuado entre pérdida de humedad y vapor liberado en la superficie para generar una textura crujiente.

En el caso de las muestras de “wantan”, éstas si mostraron una disminución en la absorción de aceite, de casi un 40%, conservando 8 veces más humedad que las muestras control, aunque no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$). Sin embargo, la fracturabilidad fue menor y esto se debe probablemente a que tenían una mayor humedad, especialmente en el interior de las muestras. Tal como se muestra en la Ilustración No. 4, ciertas muestras no se cocinaban totalmente en el interior. Debido a que la cobertura formó una barrera tan fuerte que no permitía el ingreso de aceite para permitir que se cocinara por completo, reteniendo una mayor humedad produciendo así un producto más suave y con mayor crujencia como se muestran en los resultados de fracturabilidad.

Ilustración No. 4 Muestra de “wantan” al cual no ingresó aceite en el interior



Para las tostadas, no se encontró diferencias significativas en los parámetros evaluados. La absorción de grasa disminuyó solamente un 1%, en la fracturabilidad es posible observar que las muestras con cobertura se encontraban más crujientes, ya que la fuerza aplicada fue mayor. Presentándose la propiedad mencionada por Imeson (2010:102), las coberturas de MC permiten balancear entre retención de humedad en el interior y la pérdida de agua en la superficie para generar una superficie crujiente, y, a partir de estos resultados es posible observar dicha propiedad.

d. Muestras con 2% Hidroxipropil metilcelulosa. En la Tabla No. 5 se puede observar los resultados al aplicar una cobertura de 2% HPMC. En el caso de las papas es posible observar una disminución de grasa de 5% la cual fue significativa ($p < 0.05$), y estas retuvieron más del 50% de humedad, la cual también fue significativa. En la fracturabilidad, se puede observar que se aplicó más fuerza en las muestras con cobertura, indicando que estaban más crujientes.

En el caso del “wantan”, fue posible disminuir casi un 40% de la grasa absorbida en comparación a las muestras control. La humedad permaneció muy similar, al igual que la fracturabilidad y no se observó diferencias estadísticamente significativas.

Para las tostadas se redujo más del 35% de grasa lo cual fue significativo, y se obtuvo diferencias significativas en la fracturabilidad. Esto probablemente se deba a que el aceite presente provocaba que las muestras control fuesen más suaves y por ende menos crujientes. Además, en las muestras con cobertura, se presentó el fenómeno mencionado anteriormente por Imeson (2010:102) en donde se logró alcanzar un balance entre la humedad retenida y la humedad perdida en la superficie para alcanzar una mayor crujencia.

Tabla No. 5 Resultados de análisis fisicoquímicos para muestras con 2%HPMC

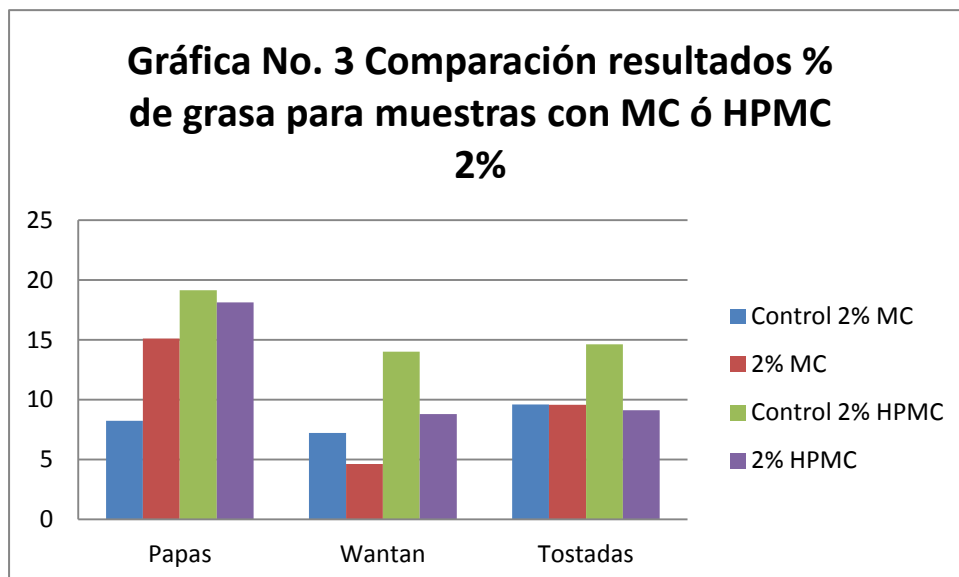
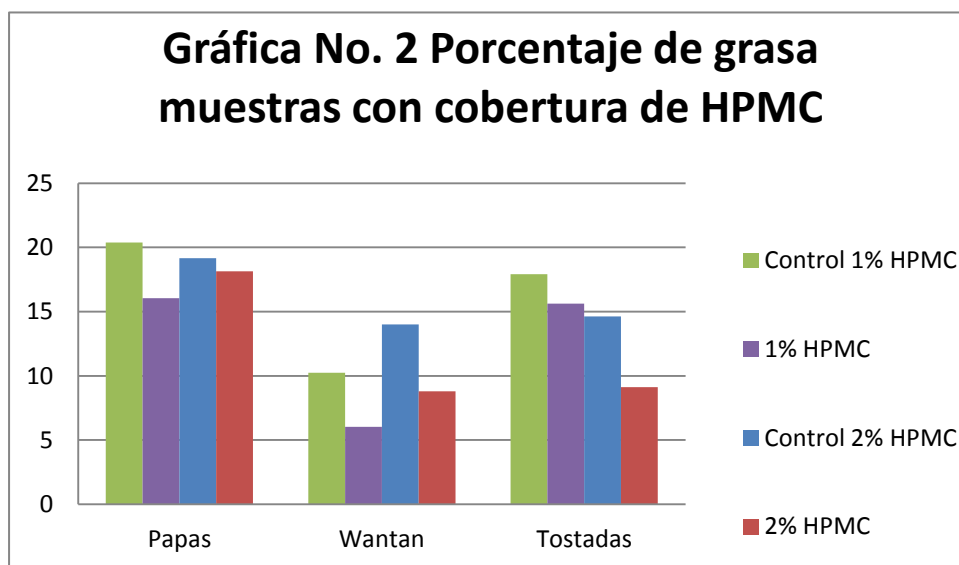
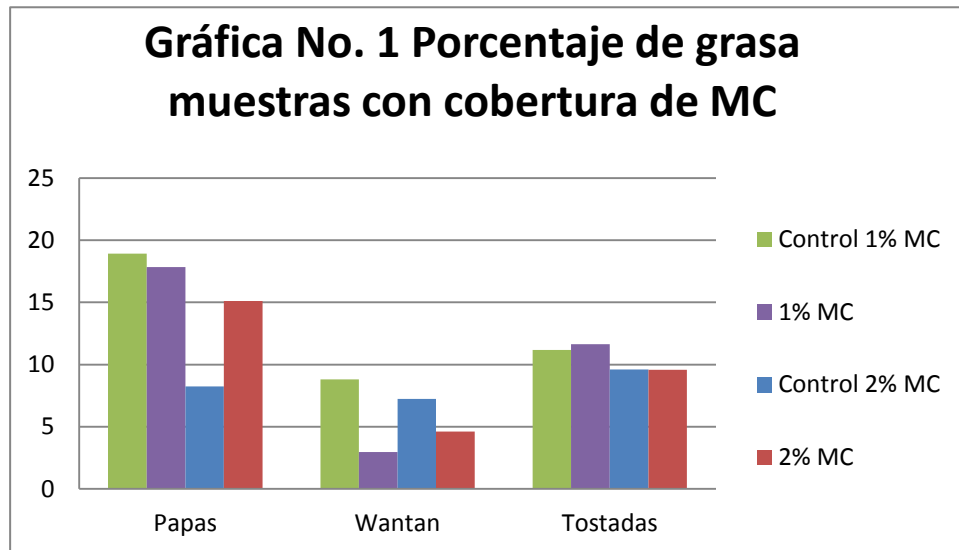
| | | Humedad | % Grasa | Fracturabilidad |
|--------------------|----------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Control | Papas | 16.6136± | 19.1542 ± | 760.05 ± |
| | | 1.4325*10 ⁻⁴ | 3.3950*10 ⁻⁶ | 2.835*10 ⁻⁴ |
| | "Wantan" | 7.3499± | 14.0063± | 1223.0 ± |
| | | 1.447*10 ⁻⁴ | 2.6381*10 ⁻⁶ | 2.3549*10 ⁻⁴ |
| | Tostadas | 23.3151± | 14.6188 ± | 343.33 ± |
| | | 1.4482*10 ⁻⁴ | 2.8001*10 ⁻⁶ | 3.6470*10 ⁻⁴ |
| 2% HPMC | Papas | 24.6314± | 18.1311± | 3544.46 ± |
| | | 1.4144*10⁻⁴ ± | 3.3732*10⁻⁶ ± | 1.206*10⁻³ ± |
| | "Wantan" | 6.6398 ± | 8.8034± | 1362.23 ± |
| | | 2.0634 *10 ⁻² | 1.6581*10 ⁻⁷ | 1.7771*10 ⁻⁴ |
| | Tostadas | 3.6360± | 9.1149± | 1705.75± |
| | | 1.6712*10 ⁻⁴ | 1.5677*10⁻⁶ ± | 1.9428*10⁻⁴ ± |

Muestras con (± y resaltadas) representan diferencias estadísticamente significativas entre muestra control y muestra con cobertura ($p < 0.05$).

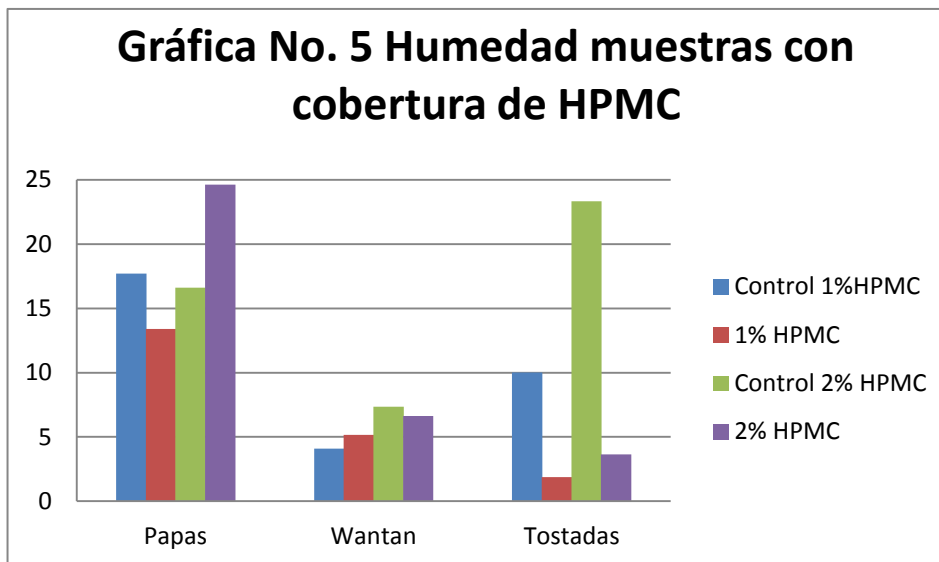
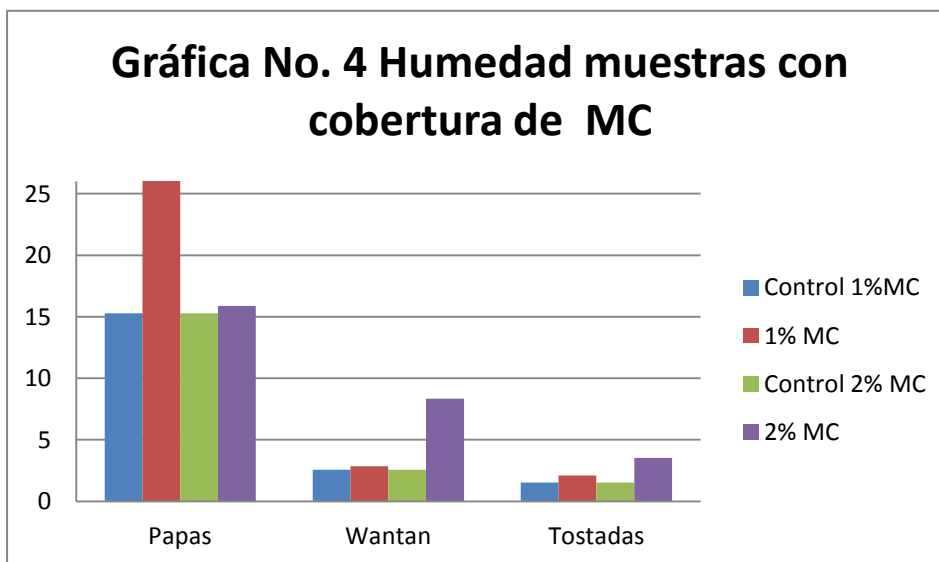
En las gráficas 1, 2 y 3 es posible comparar de manera gráfica cómo se comportó la absorción de aceite para ambas coberturas (HPMC y MC) en ambas concentraciones (1% y 2%). Como se puede observar para las muestras a las que se les aplicó la cobertura de MC, la disminución de absorción de grasa no fue tan efectiva, como a las muestras a las que se les aplicó la cobertura de HPMC sin importar que concentración y qué matriz. Ya que es posible observar que para todas las muestras a las que se les aplicó una cobertura de HPMC, disminuyó el aceite absorbido. Mientras que solamente algunas muestras a las que se les aplicó la cobertura de MC, se redujo el aceite absorbido. En la Gráfica No. 3, se compara la reducción de aceite para muestras con cobertura de MC o HPMC al 2%. Se ejemplifica lo mencionado anteriormente que para las muestras de HPMC reduce la absorción de aceite mientras que para las de MC no siempre se reduce.

Las diferencias entre las muestras control para cada concentración de MC y HPMC se deben a que para cada matriz se trabajó en días distintos, por lo que a pesar de que el tiempo y temperatura de freído fueron los mismos, variables de pesado, humedad y temperatura ambiental pudieron haber generado los cambios. En el caso de las papas, se trabajó con el mismo tipo de papas, a pesar de que no eran de un único proveedor, además, las muestras no eran

exactamente uniformes, por lo que esto podría generar cambios en la absorción de aceite y humedad entre cada muestra control.



Como es posible observar en las Gráficas 4 y 5 las muestras a las cuales se les aplicó la cobertura de MC, retuvieron más humedad que aquellas a las que se les aplicó la cobertura de HPMC. Esto se debe probablemente al fenómeno mencionado anteriormente que indica que las coberturas de HPMC son menos permeables al vapor que las coberturas de MC.

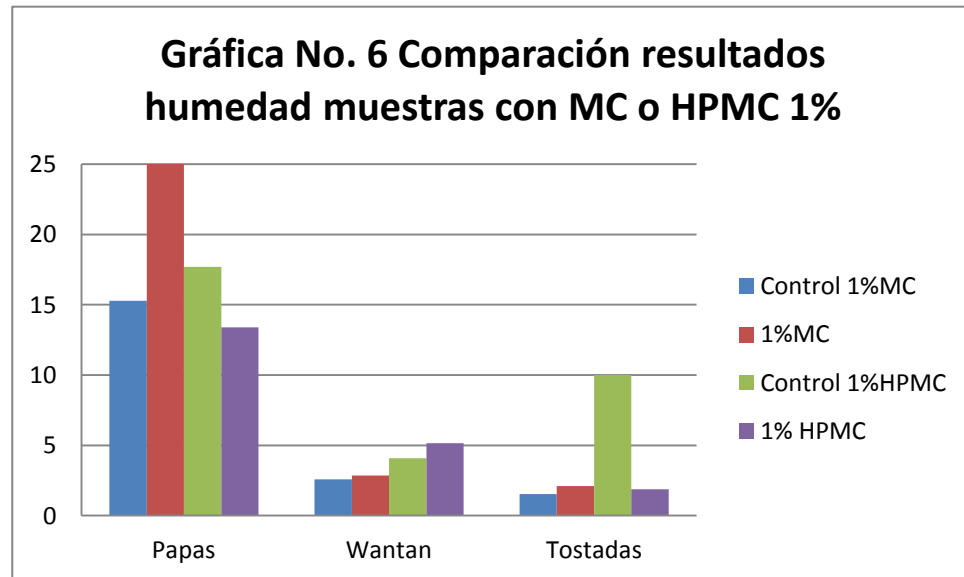


Además, también se puede deber a la baja sustitución de metoxilación que tiene la HPMC y mayor sustitución de grupos hidroxipropil, comparado a la de la MC. Ya que la HPMC utilizada está sustituida en un 23% por grupos metilo y un 8% en grupos hidroxipropil, mientras que la MC tiene una sustitución de aproximadamente 30% de grupos metilo y como menciona Embuscado

(2009:64), las sustituciones en la HPMC generan un mayor impedimento estérico, de manera que impide más los puentes de hidrógeno que ésta pudiese formar. Generando así que fuese posible que las muestras a las que se les aplicó la cobertura de HPMC no retuvieran tanta humedad como a las que se les aplicó la cobertura de MC. Dicho fenómeno también se pudo observar en los cambios de viscosidad de ambas soluciones. Por la capacidad que tiene la MC de formar más puentes de hidrógeno las soluciones eran más viscosas que las de HPMC.

De la misma forma, Primo-Martín, *et al.* (2010; 706), menciona que las coberturas de MC, al ser observadas microscópicamente tienen una mejor adhesión a las frituras comparado con otras coberturas. Esto podría producir que se evaporara menos agua de las muestras con MC.

En la Gráfica No. 6, es posible comparar el fenómeno mencionado anteriormente. Las muestras con cobertura 1%HPMC no muestran una tendencia en cuanto a disminución o aumento de humedad. Mientras que las muestras con 1% MC todas muestran un aumento en retención de humedad.



2. Análisis Sensorial

a. Observaciones generales. Con el fin de determinar si existía un cambio sensorial en cuanto a las características organolépticas, las muestras se analizaron después de haber sido elaboradas. Se evaluó el color, textura, sabor y olor. Además, estas se almacenaron en bolsas herméticas a temperatura ambiente y se analizaron hasta que el producto perdiera su aceptación organoléptica o se encontrara en estado de descomposición.

Tabla No. 6 Cambios percibidos en muestras de papa al aplicar las coberturas

| Día | 1%MC | 1%HPMC | 2%MC | 2%HPMC |
|-----|--|---|--|--|
| 1 | Color, sabor, textura y olor característico. | Textura más crujiente, color, sabor y olor característicos. | Textura menos crujiente. Sin cambios en sabor, color y olor. | Textura más crujiente. Sin cambios en sabor, color y olor. |
| 2 | Color, sabor, textura y olor característico. | Pérdida de crujencia de ambas muestras. | Ambas muestras perdieron crujencia. | Ambas muestras perdieron crujencia. |
| 3 | Color, sabor, y olor característico. Menor crujencia ambas muestras. | ----- | Ambas muestras desarrollaron moho | -----. |
| 4 | Muestra control desarrolló moho. | ----- | ----- | ----- |
| 5 | ----- | ----- | ----- | Muestra control desarrolló moho. |
| 6 | Muestra con cobertura desarrolló moho. | ----- | ----- | ----- |

En la Tabla No. 6 es posible observar los cambios percibidos en las muestras de papa con las distintas coberturas aplicadas. Al aplicar una cobertura 1% MC, las muestras tuvieron las mismas características que las muestras control. No se observó cambios en la textura, sabor, color u olor. Sin embargo, en el día 4 de observación la muestra control desarrolló moho. Es posible suponer que por la barrera formada por la MC, no se generó un intercambio de gases con

el exterior, lo cual podría haber beneficiado que la muestra con cobertura no desarrollara moho.

Para las muestras con HPMC al 1%, se observó un cambio en la textura, ya que estas se encontraban más crujientes. Esta observación se puede respaldar con los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos, donde la fracturabilidad fue mayor para las muestras de papas. Además, para ambas muestras fue posible observar que ambas perdieron la crujencia el día 2 de análisis, lo cual se puede atribuir a que ambas tenían una humedad alta (aproximadamente 15%).

Las muestras con cobertura de MC al 2%, presentaron menos crujencia. Esto se debe probablemente por el fenómeno mencionado anteriormente donde la cobertura forma una barrera tan fuerte que no deja que exista un balance adecuado entre pérdida de humedad y vapor liberado necesario para formar la textura crujiente. Sin embargo, al día 2 estas muestras ya habían perdido su crujencia y al día 3 ambas desarrollaron moho.

En el caso de las muestras de papa con coberturas de 2% HPMC, se puede observar que las muestras con cobertura tuvieron una mejor crujencia. Lo que se puede respaldar con los análisis fisicoquímicos realizados en donde se requirió de una mayor fracturabilidad que para las muestras control. Asimismo, al día 5, la muestra control desarrolló moho. Como ya se mencionó anteriormente, es posible que la cobertura haya servido como una barrera hacia el intercambio de gases con el exterior, evitando así que no se desarrollara moho.

Ilustración No.5 Muestras de papas con cobertura 1% MC, día 4

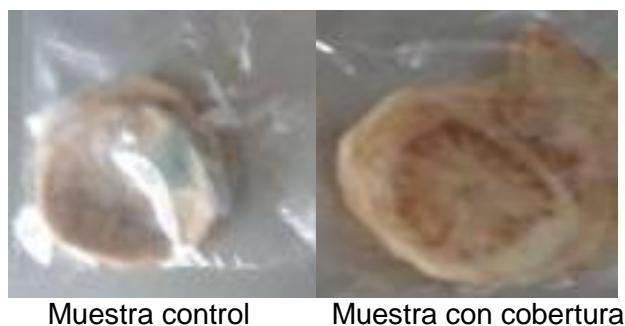


Imagen No. 6 Muestras de papas con cobertura HPMC 2%, día 5



Muestra control

Muestra con cobertura

En la Tabla No. 7 es posible observar los cambios sensoriales percibidos para las muestras de “wantan”. Para las muestras a las cuales se les aplicó la cobertura de 1%MC, mostraron una reducción en volumen, sin embargo conservaron sus características de textura, olor, sabor y color. Además, ambas muestras (control y con cobertura) perdieron la crujencia hasta el día 6 de observación.

Tabla No.7 Cambios percibidos en muestras de “wantan” al aplicar las coberturas

| Día | 1% MC | 1%HPMC | 2%MC | 2%HPMC |
|------------|---|---|---|---|
| 1 | Reducción de volumen. Color, sabor y olor característico. | Reducción en volumen, falta de expansión. Sin cambios en color, sabor y olor. | Reducción en volumen, falta de expansión. Sin cambios en color, sabor y olor. No se cocina en el interior. Textura menos crujiente. | Reducción en volumen, falta de expansión. Sin cambios en color, sabor y olor. |
| 2 | Color, sabor, textura y olor característico. | Pérdida de crujencia muestra con cobertura. | ----- | ----- |
| 3 | Color, sabor, textura y olor característico. | ----- | ----- | ----- |
| 4 | Color, sabor, textura y olor característico. | ----- | Pérdida de crujencia muestra con cobertura. | ----- |
| 5 | Color, sabor, textura y olor característico. | ----- | ----- | Ambas perdieron la crujencia. |
| 6 | Pérdida de crujencia ambas muestras. | ----- | ----- | ----- |

Las muestras con 1%HPMC, 2%MC y 2% HPMC, mostraron casi los mismos cambios organolépticos. En todas las muestras se observó una disminución del volumen. Esto se debe probablemente a que la cobertura no dejaba que se diera una expansión completa del producto, como menciona Chiang, *et al.* (2000: 1), las burbujas y expansión en la superficie se deben a aire liberado en el producto al momento de la fritura. Sin embargo, la cobertura no permitía que se diera dicha liberación de aire, generando una menor expansión.

En la Ilustración No. 7, es posible observar las diferencias en expansión entre ambas muestras. En el caso de la muestra con 1%HPMC, estas perdieron la textura crujiente al día siguiente. Al igual que las muestras de 2%MC perdieron la crujencia el día 4 de observación. Esto probablemente se deba a que las muestras estaban más húmedas que las muestras control. Además, en el caso de las muestras de 2%MC, se observó que no se cocinaban por completo en el interior por la fuerte barrera formada, reteniendo más humedad lo que generó que perdieran la crujencia con mayor rapidez. De la misma forma, la pérdida de crujencia se puede explicar como lo hizo Chen (2008: 1344) con el paso del tiempo, algunas partículas de agua pudieron haber migrado desde el interior hacia la corteza generando que esta se humedeciera.

Ilustración No. 7 Muestras de “wantan” control y “wantan”, con cobertura 1%HPMC



De la misma forma, en la Tabla No.8 se muestran los cambios sensoriales percibidos al aplicar las coberturas en las muestras de tostadas. En el caso de

las muestras con cobertura de 1% MC, es posible observar que no se percibió cambios en cuanto a sabor, color, textura y olor; y tanto la muestra control como la muestra con cobertura perdieron la crujencia el día 5 de observación. Dichos resultados se pueden respaldar con los resultados de los análisis fisicoquímicos. Ya que los cambios en humedad, fracturabilidad y porcentaje de grasa absorbida no fueron significativos.

Al aplicar la cobertura 1%HPMC, es posible observar que sí se percibió cambios en la textura, debido a que las muestras con cobertura se encontraban más crujientes. Esto se puede respaldar con los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos, donde se perdió más humedad (80%) y se absorbió menos aceite (13%) y se encontró diferencias significativas en cuanto a la fracturabilidad. Adicionalmente, al cuarto día, las muestras control perdieron la crujencia. Un fenómeno que se observó en las muestras control fue una formación de una burbuja en la parte superior del producto (Ilustración No. 8) Dicho fenómeno es indeseable ya que al momento de empacar y distribuir este producto, la fragilidad de la burbuja formada provocaría su fragmentación.

Asimismo, para las muestras con cobertura 2%MC y 2% HPMC, se observó cambios en la textura, ya que se encontraron más crujientes. Para las muestras con cobertura 2% MC, ambas perdieron la crujencia en el día 3 de observación y desarrollaron moho el día 7. Esto se debe probablemente a que ambas se encontraban con humedad alta. En el caso de las muestras con 2% HPMC, las muestras control perdieron la crujencia el día 2 de observación, probablemente porque dichas muestras tenían más humedad. Como se mencionó anteriormente el HPMC posee un menor grado de metoxilación y más sustituciones hidroxipropil, lo que podría reducir la formación de puentes de hidrógeno entre las coberturas y la muestra, generando una mayor liberación de más agua. Además las coberturas de HPMC, por su composición, también son más permeables al vapor de agua que las coberturas de MC, provocando mayor pérdida de humedad.

Tabla No. 8 Cambios percibidos en muestras de tostadas al aplicar las coberturas

| Día | 1%MC | 1%HPMC | 2%MC | 2%HPMC |
|-----|---|---|---|---|
| 1 | Color, sabor, textura y olor característico | Más crujientes, sabor, color y olor característicos. Muestras control sin formación de burbuja. | Más crujientes, sabor, color y olor característicos. Muestras sin cobertura sin formación de burbuja. | Más crujientes, sabor, color y olor característicos. Muestras sin cobertura sin formación de burbuja. |
| 2 | Color, sabor, textura y olor característico | Más crujientes, sabor, color y olor característicos. | ----- | Pérdida crujencia muestra control. |
| 3 | Color, sabor, textura y olor característico | Más crujientes, sabor, color y olor característicos. | Pérdida de crujencia ambas muestras. | ----- |
| 4 | Color, sabor, textura y olor característico | Pérdida crujencia muestra control. | ----- | ----- |
| 5 | Pérdida de crujencia ambas muestras. | Pérdida crujencia muestra con cobertura. | ----- | Pérdida crujencia muestra con cobertura. |
| 6 | ----- | ----- | ----- | ----- |
| 7 | ----- | ----- | Ambas muestras desarrollaron moho. | ----- |

Ilustración No. 8 Formación de burbujas en muestras de tostadas 2% HPMC



Muestra control

Muestra con cobertura

Ilustración No. 9 Formación de moho muestras tostadas 2%MC



Muestra control

Muestra con cobertura

b. Resultados prueba triangular. Se hicieron tres pruebas triangulares con las siguientes muestras: papas, “wantan”, y tostadas. Dichas muestras fueron seleccionadas por los resultados que se presentaron en los análisis fisicoquímicos y análisis sensoriales previos. Se realizó una prueba triangular a 19 panelistas entrenados.

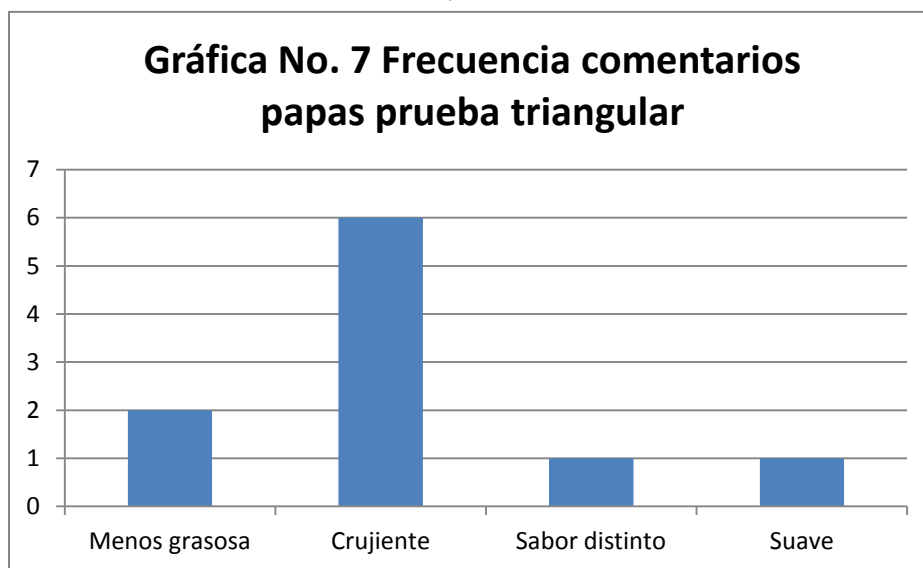
En la prueba sensorial se deseaba determinar si existía una diferencia en cuanto al sabor, color, textura u olor entre las muestras con cobertura y las muestras control. Uno de los aspectos más importantes a medir mediante este análisis sensorial eran cambios en la textura, ya que al modificar la absorción de aceite y retención de humedad, se espera cambios en la textura final del producto. Además, otros parámetros como crujencia y sensación grasosa no se pueden determinar de manera instrumental. Por estos motivos, el análisis sensorial ayudaría a detectar si existió un cambio en dichos parámetros luego de aplicar las coberturas. Se esperaba que los cambios fueran diferencias en la textura, especialmente la crujencia ó que no se percibieran cambios al comparar la muestra control y la muestra con cobertura.

En la Tabla No.9, es posible observar los resultados obtenidos. No se encontró una diferencia significativa ($p < 0.05$), para las muestras de papas y “wantan”. Lo que indica que los panelistas no fueron capaces de reconocer la muestra diferente. En el caso de las tostadas si se encontró diferencias significativas.

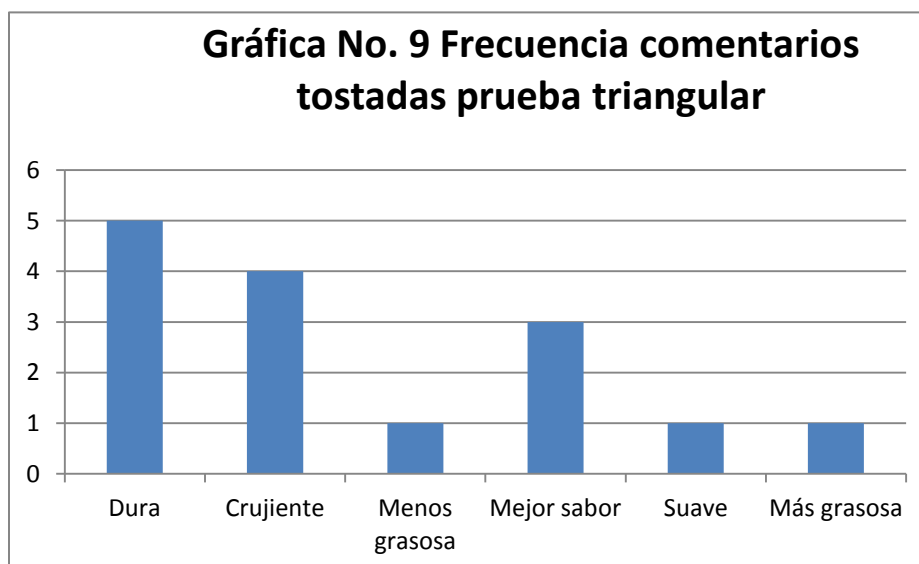
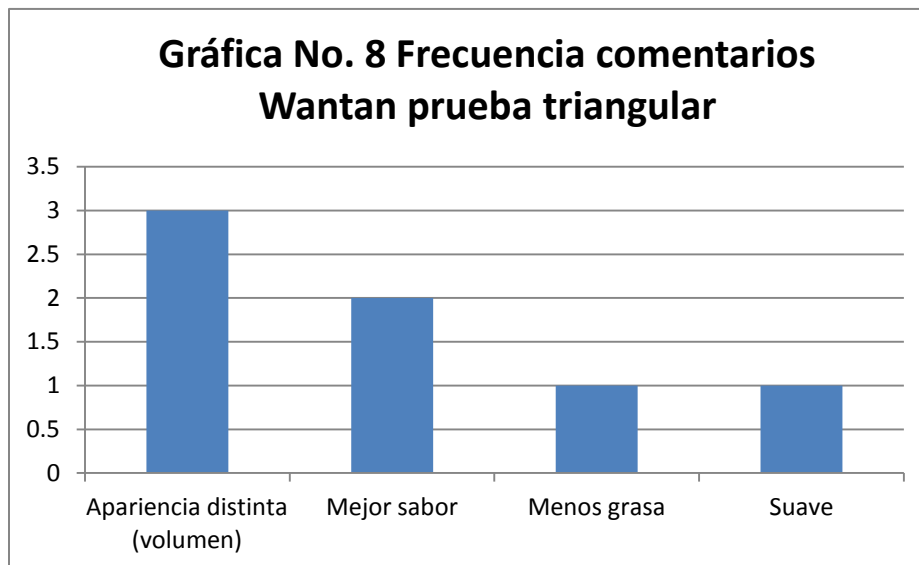
Tabla No. 9 Resultados para prueba triangular

| Muestra | Diferencia significativa ($p < 0.05$) |
|------------------|---|
| Papas 1% HPMC | No |
| “Wantan” 1% MC | No |
| Tostadas 2% HPMC | Si |

La Gráfica No. 5 muestra la frecuencia de comentarios de los panelistas que encontraron la muestra diferente (muestra con cobertura), a pesar de no encontrar diferencias significativas, aquellos que acertaron la percibieron diferente ya que la sintieron más crujiente que las muestras control. Además, dos panelistas la percibieron como menos grasosa. Dichos comentarios se pueden respaldar con los resultados fisicoquímicos encontrados ya que en estas muestras fue posible disminuir un 40% de grasa absorbida. Sin embargo, dos panelistas la encontraron más suave y con un sabor distinto.



En el caso de las muestras de “wantan”, como se puede observar en la Gráfica No. 6, es posible observar que los panelistas que encontraron la muestra distinta (muestra con cobertura) la percibieron con una apariencia distinta (cambio en el volumen), mejor sabor, menos grasosa y más suave. El cambio en el volumen es una característica que se observó en los “wantanes” debido a que al sumergir el producto en la solución, al momento de freirlos no se expandían como los “wantanes” control, por lo que su volumen era menor.



A pesar de que se encontró diferencias significativas para las muestras de tostadas, los comentarios revelan que las diferencias percibidas se deben principalmente a la textura, ya la mayoría de panelistas que encontraron la muestra diferente la percibieron más dura y con mayor crujencia. Además una menor cantidad de panelistas las percibieron menos grasosas, con un mejor sabor, más suaves y grasosas. Dichos resultados se pueden respaldar con los análisis fisicoquímicos realizados en donde las muestras a las que se les aplicaba la cobertura de 2% HPMC, se les aplicó una mayor fuerza de fracturabilidad, lo que indicaba que estaban más crujientes. Además, absorbieron

menos cantidad de grasa y esto permite mejorar la crujencia ya que de esta forma no se obtiene una muestra con tanta suavidad.

A partir de los resultados obtenidos en las tres pruebas triangulares, es posible deducir que al aplicar las coberturas los cambios principales se dieron en la textura, en las tres muestras se observa mejoras en la crujencia, acorde a los comentarios de los panelistas. Una menor cantidad de panelistas encontró diferencias en cantidad de grasa en las muestras. Se puede inferir que al aplicar las coberturas no se observa cambios significativos en el color, sabor u olor, ya que casi ningún panelista reportó cambios en dichos atributos.

IV. CONCLUSIONES

1. Los parámetros fisicoquímicos indicaron que las muestras con cobertura de MC retuvieron más humedad, a pesar de que no siempre absorbieron menos grasa. Mientras que para las muestras con cobertura de HPMC todas absorbieron menos grasa y solo algunas muestras retuvieron mayor humedad.
2. Para las tres matrices, los cambios en los atributos sensoriales se generaron principalmente en la textura, mejorando la crujencia. No se encontró diferencias en cuanto a color, sabor u olor.
3. Se obtuvo mejores resultados en las pruebas fisicoquímicas y análisis sensorial para las muestras de papa con cobertura de 1%HPMC, para las muestras de “wantan” con cobertura de 1% MC y para las muestras de tostadas con cobertura de 2%HPMC.
4. La prueba sensorial triangular demostró que no se encontró una diferencia significativa en las muestras para las muestras de papa 1%HPMC y “wantan” 1% MC. Sin embargo, para las muestras de tostadas con 2%HPMC sí se encontró diferencias significativas debido a que los panelistas las encontraron más crujientes.

V. RECOMENDACIONES

1. Trabajar con MC y HPMC a menores o mayores concentraciones, para determinar la eficiencia de reducción de aceite, retención de humedad y mejorar la crujencia en otras concentraciones. Además, se podría aplicar un agente plastificante como el sorbitol, para mejorar la integridad de las coberturas y por ende la eficiencia de las mismas.
2. Determinar por medio de pruebas microbiológicas, si existe diferencias significativas en la vida de anaquel de las muestras a las cuales se les aplican las coberturas.
3. En las pruebas sensoriales, trabajar con un mayor número de panelistas entrenados ya que de esta manera los resultados obtenidos serían más confiables estadísticamente. Además, realizar un análisis sensorial dirigido al consumidor para determinar si existe preferencia en las muestras con cobertura o control.
4. Establecer a partir de pruebas fisicoquímicas y sensoriales los cambios en los atributos del aceite, para determinar si la aplicación de coberturas a las frituras tiene un efecto positivo en alargar la vida útil del mismo.
5. Mejorar la estandarización del grosor de rodajas de papa, al grosor que se utiliza industrialmente, de esta manera se puede realizar una mejor comparación.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Badui, Salvador. 2006. *Química de los Alimentos*. 4ta. Edición. México. Pearson Education. Págs. 283-287.
2. Ballard, Tameshia. 2003. *Application of Edible Coatings in Maintaining Crispness of Breaded Fried Foods*. Tesis de Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia. 121 Págs.
3. Chen, Chien-Li, et al. 2008. « *Using HPMC to improve crust crispness in microwave-reheated battered mackerel nuggets: Water barrier effect of HPMC*. *Food Hydrocolloids*.» Vol. 22. Keehun, Taiwan. Págs 1337-1344.
4. Chiang et al. 2000. *Production of Crispy Corn-Based Snacks Having Surface Bubbles*. Kraft Food Holdings, Inc. Patent. IL, Estados Unidos. Págs 1-15.
5. Decker, Kimberly. 2010. Healthier Fried Foods. Recuperado el 25 de noviembre 2011 de Virgo Publishing www.foodproductdesign.com
6. Dixon, J. et. al. 2009. *Wheat Facts and Futures*. México. CIMMYT. Págs 27-29.
7. Embuscado, Milda y Huber, Kerry. 2009. *Edible Films and Coatings for Food Applications*. New York Springer. 410págs.
8. Falguera, Víctor, et al. 2011. *Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use*. Trends in Food Science and Technology. España. Vol. 22. Págs, 292-303.
9. Fiszman, S. y Salvador, A. 2003. *Recent developments in coating batters*. *Trends in Food Science and Technology*. Vol. 14. Págs. 399-407.
10. García, M, et al. 2002. *Edible coatings from cellulose derivates to reduce oil uptake in products*. Innovative Food Science and Emerging Technologies. Vol. 3 Págs 391-397.
11. Gertz, C. 2004. *Optimising the baking and frying process using oil-improving agents*. Germany. European Journal of Lipid Science Technology. Vol 106. Págs, 736-745.
12. Gunstone, Frank. 2008. *Oils and Fats in the Food Industry*. Reino Unido. Blackwell Publishing. Págs. 138-144.

13. Hui, Y.H., *et al.* 2003. *Handbook of Vegetable Preservation and Processing*. Food Science and Technology. CRC Press. 752 págs.
14. Imeson, Alan. 2010. *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Reino Unido. Wiley-Blackwell. Págs. 95-113.
15. Krochta, J., Baldwin, E., Nisperos-Carriedo, M. 1994. *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. 379págs.
16. Maftoonazad, N. 2005. «*Postharvest shelf-life extension of avocados using methyl cellulose-based coating*» *Food and Science Technology*. Canada. Págs. 617-624.
17. Mellema, M. 2003. «*Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods.*» *Trends in Food Science and Technology*. Vol. 14 Elsevier. Págs. 364-373.
18. Mohamad, Y; Yip, H. y Mahali, H. 2005. *The performance of a methyl cellulose- treated coating during the frying of a poultry product*. *International Journal of Food Science and Technology*. Vol. 40. Págs. 811-816.
19. Monoj, Gupta, *et al.* 2004. *Frying Technology and Practices*. Illinois, AOCS Press. 223 Págs.
20. Priya, R. 1996. «*Carboxymethylcellulose and hidroxypropylmethylcellulose as additives in reduction of oil content in batter based deep-fat fried boondis.*» *Carbohydrate Polymers*. Vol. 29 Bombay, India. ELSEVIER Págs. 333-335.
21. Sahin, Serpil. y Sumnu, Servet 2009. *Advances in Deep-Fat Frying of Foods*. Florida. CRC Press. 321 Págs.
22. Valera,P. y Fiszman, S. 2011. *Hydrocolloids in fried foods. A review*. *Food Hydrocolloids*. Vol. 25 Págs. 1801-1812.
23. Vliet, Ton van. 2007. «*On the mechanism by which oil uptake decreases crispy/crunchy behavior of fried products.*» *Food Research International*. Vol. 40. Wageningen, Holanda. Págs. 1122-1128.
24. Williams, Christine y Butriss, Judith. 2006. *Improving the fat content of foods*. Florida. CRC Press. 561 págs.

VII. APÉNDICE

A. Datos Originales y calculados análisis fisicoquímicos

Tabla No. 10 Humedad de muestras de papa, “wantan”, y tostadas control y con cobertura 1%MC

| | No. Muestra | Papas | “Wantan” | Tostadas |
|----------------|-------------|---------|----------|----------|
| Control | 1 | 16.0514 | 0.4900 | 1.6152 |
| | 2 | 14.5437 | 3.53 | 1.5065 |
| | 3 | 15.1269 | 3.7119 | 1.4762 |
| 1%MC | 1 | 17.4070 | 0.7326 | 1.6717 |
| | 2 | 35.9659 | 2.40034 | 2.1769 |
| | 3 | 26.2210 | 5.3889 | 2.4275 |

Tabla No. 11 Porcentaje de grasa de muestras de papa, “wantan”, y tostadas control y con cobertura 1%MC

| | No. Muestra | Papas | “Wantan” | Tostadas |
|----------------|-------------|----------|----------|----------|
| Control | 1 | 17.1618% | 11.5911% | 9.6961% |
| | 2 | 20.6878% | 6.0372% | 12.6421% |
| 1%MC | 1 | 17.7577% | 5.0496% | 12.8514% |
| | 2 | 17.9239% | 0.8998% | 10.7988% |

Tabla No. 12 Fuerza de fracturabilidad aplicada a muestras de papa, “wantan”, y tostadas control y con cobertura 1% MC

| | No. Muestra | Papas (g) | “Wantan” (g) | Tostadas (g) |
|----------------|-------------|-----------|--------------|--------------|
| Control | 1 | 256.2 | 1,671.6 | 1,372.4 |
| | 2 | 498.4 | 1,842.6 | 2,188.7 |
| | 3 | 974.5 | 947.4 | 4,946.2 |
| | 4 | 302.1 | 1,188.0 | 2,500.5 |
| | 5 | 597.8 | 1,369.6 | 3,768.8 |
| 1%MC | 1 | 250.8 | 1,638.6 | 1,598.7 |
| | 2 | 269.8 | 2,277.3 | 1,972.0 |
| | 3 | 965 | 2,183.1 | 3,501.5 |
| | 4 | 783 | 1,386.1 | 2,296.0 |
| | 5 | 1820 | 1,040.9 | 1,025.0 |

Tabla No. 13 Humedad de muestras de papa, “wantan”, y tostadas control y con cobertura 1%HPMC

| | No. Muestra | Papas | “Wantan” | Tostadas |
|----------------|-------------|---------|----------|----------|
| Control | 1 | 22.8477 | 3.9454 | 8.6445 |
| | 2 | 12.5541 | 4.2181 | 11.3619 |
| 1%HPMC | 1 | 12.2596 | 5.5303 | 1.956 |
| | 2 | 14.5221 | 4.7697 | 1.7938 |

Tabla No. 14 Porcentaje de grasa de muestras de papa, “wantan” y tostadas control y con cobertura 1%HPMC

| | No. Muestra | Papas | “Wantan” | Tostadas |
|----------------|-------------|----------|----------|----------|
| Control | 1 | 23.0585% | 6.2120% | 18.2401% |
| | 2 | 17.7118% | 5.8419% | 17.6063% |
| 1%HPMC | 1 | 14.4430% | 4.4896% | 17.3186% |
| | 2 | 15.4335% | 15.9752% | 13.9354% |

Tabla No. 15 Fuerza de fracturabilidad aplicada a muestras de papa, “wantan”, y tostadas control y con cobertura 1% HPMC

| | No. Muestra | Papas (g) | “Wantan” (g) | Tostadas (g) |
|----------------|-------------|-----------|--------------|--------------|
| Control | 1 | 407.5 | 727.6 | 160.5 |
| | 2 | 442.4 | 1124.7 | 942.5 |
| | 3 | 1270 | 1648.2 | 124.1 |
| | 4 | 1344.5 | 1175.2 | 146.2 |
| | 5 | 503.8 | 854.0 | 2440.9 |
| 1%HPMC | 1 | 8333.8 | 1,168.6 | 1640.3 |
| | 2 | 2461.9 | 1574.0 | 1178.2 |
| | 3 | 199.9 | 1243.4 | 1485.7 |
| | 4 | 7910.2 | 1362.6 | 1563.6 |
| | 5 | 8333.8 | 1,440.3 | 160.5 |

Tabla No. 16 Humedad de muestras de papa, "wantan" y tostadas control y con cobertura 2%MC

| | No. Muestra | Papas | "Wantan" | Tostadas |
|----------------|-------------|---------|----------|----------|
| Control | 1 | 3.361 | 1.0378 | 5.4043 |
| | 2 | 0.489 | 2.3027 | 4.817 |
| 2% MC | 1 | 15.8763 | 8.4798 | 3.1476 |
| | 2 | 16.0494 | 6.4961 | 3.9169 |

Tabla No. 17 Porcentaje de grasa de muestras de papa, "wantan" y tostadas control y con cobertura 2%MC

| | No. Muestra | Papas | "Wantan" | Tostadas |
|----------------|-------------|----------|----------|----------|
| Control | 1 | 9.5502% | 7.7068% | 10.1585% |
| | 2 | 6.9185% | 7.2339% | 9.0603% |
| 2%MC | 1 | 15.2833% | 8.3137% | 9.2232% |
| | 2 | 14.9484% | 0.9321% | 9.9300% |

Tabla No. 18 Fuerza de fracturabilidad aplicada a muestras de papa, "wantan" y tostadas control y con cobertura 2% MC

| | No. Muestra | Papas (g) | "Wantan" (g) | Tostadas (g) |
|----------------|-------------|-----------|--------------|--------------|
| Control | 1 | 299 | 760.8 | 2170.8 |
| | 2 | 241.1 | 1443.7 | 768.3 |
| | 3 | 226 | 2264.1 | 87 |
| | 4 | 166 | 1171.4 | 86.3 |
| | 5 | 158 | 728.7 | 2170.8 |
| 2%MC | 1 | 18713.4 | 208.2 | 1784.3 |
| | 2 | 388.3 | 256.2 | 2108 |
| | 3 | 202.7 | 1567.9 | 894.4 |
| | 4 | 202.7 | 1223.5 | 2511.8 |
| | 5 | 102.8 | 208.2 | 2035.8 |

Tabla No. 19 Humedad de muestras de papa, "wantan" y tostadas control y con cobertura 2% HPMC

| | No. Muestra | Papas | "Wantan" | Tostadas |
|----------------|-------------|----------|----------|----------|
| Control | 1 | 18.1511 | 7.8921 | 5.4043 |
| | 2 | 15.076 | 6.4423 | 20.3834 |
| | 3 | 16.61355 | 8.2574 | 26.2468 |
| 2% HPMC | 1 | 24.4049 | 10.356 | 4.8358 |
| | 2 | 24.8579 | 3.774 | 2.4362 |
| | 3 | 24.6314 | 5.7894 | 2.5260 |

Tabla No. 20 Porcentaje de grasa de muestras de papa, "wantan" y tostadas control y con cobertura 2%HPMC

| | No. Muestra | Papas | "Wantan" | Tostadas |
|----------------|-------------|----------|----------|----------|
| Control | 1 | 16.0201% | 20.3491% | 12.6499% |
| | 2 | 22.2883% | 7.66353% | 16.5878% |
| 2%HPMC | 1 | 25.70% | 8.75698% | 10.6431% |
| | 2 | 10.5622% | 8.84973% | 7.5869% |

Tabla No. 21 Fuerza de fracturabilidad aplicada a muestras de papa, "wantan" y tostadas control y con cobertura 2% HPMC

| | No. Muestra | Papas (g) | "Wantan" (g) | Tostadas (g) |
|----------------|-------------|-----------|--------------|--------------|
| Control | 1 | 399 | 666 | 160.5 |
| | 2 | 409.2 | 2100 | 942.5 |
| | 3 | 999 | 903.1 | 124.1 |
| | 4 | 1233 | 848.3 | 146.2 |
| | 5 | 5090 | 2148.3 | 2170.8 |
| 2%HPMC | 1 | 1983.3 | 1509.5 | 2440.9 |
| | 2 | 299.7 | 1126.9 | 1640.3 |
| | 3 | 7910.2 | 1450.3 | 1178.2 |
| | 4 | 2444.1 | 1509.5 | 1563.6 |
| | 5 | 399 | 1126.9 | 2300.9 |

B. Análisis sensorial

Tabla No. 22 Aciertos de los panelistas en la prueba triangular

| No. Panelista | Aciertos | | |
|------------------|----------|----------|-------|
| | Tostadas | “Wantan” | Papas |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 2 | 0 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 0 | 1 |
| 4 | 1 | 1 | 0 |
| 5 | 1 | 0 | 0 |
| 6 | 1 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 1 | 1 |
| 8 | 1 | 1 | 1 |
| 9 | 0 | 1 | 1 |
| 10 | 0 | 0 | 1 |
| 11 | 1 | 1 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 1 | 0 | 0 |
| 14 | 1 | 1 | 1 |
| 15 | 1 | 1 | 0 |
| 16 | 1 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 0 | 1 |
| 18 | 1 | 1 | 0 |
| 19 | 1 | 0 | 1 |
| TOTAL | 12 | 10 | 10 |

Tabla No. 23 Comentarios de los panelistas para la prueba triangular

| No. Panelista | Tostadas | “Wantan” | Papas |
|------------------|---|--|---|
| 1 | Una textura más crujiente y poco mas salada | La muestra menos crujiente, en cuanto a sabor no encontré diferencia | Muestra más crujiente, más delgada y con menos agua, se distinguió sabor distinto |
| 2 | Sabor más intenso, textura suave | Textura distinta, sabor diferente, menos salado, apariencia distinta | Más suave, sabor más suave |
| 3 | Es más tostado y un poco dura, más delgado mas aceitosa o grasosa | Uno está muy amarga, mas crujiente, no está pasada de quemado | Está más tostadita y mas cocida, menos grasosa |
| 4 | 927 más crujiente que otras, se sienten más tiesas | Más oscuro que los otros, se siente menos salado | Está menos aguada que las otras, tiene mucho más aceite que las otras dos |
| 5 | 768 más dura, no se desprende capa superficial como las otras, tiene menos grasa, se siente menos aceitosa al tocarla, menos gruesa, tiesa para masticar. | Están más duras, 327 más seca, menos salada menos aceitosa | Es más suave, se dobla, bastante aceitosa menos frita |

Tabla Continuación Tabla No. 23

| No. Panelista | Tostadas | “Wantan” | Papas |
|---------------|--|--|--|
| 6 | La diferencia en la crujencia | El sabor, la crujencia | El grosor, la crujencia, las muestras era de diferentes grosores y estaban más aguadas |
| 7 | No había sabor distinto, muestra 680 más dura | El sabor de la 626 era más dulce y el color más café, textura más crujiente y menos dura | La apariencia era distinta, no tiene el mismo color, más crujiente |
| 8 | Menos sabor a maíz, más cocida y más suave. | Diferencias en el color, más suave y menos salada, menos grasa. | Demasiado suave, color diferente, cruda |
| 9 | El tamaño 820 mayor, consistencia mas dura y elástica, 207 y 122 mayor sabor a maíz y textura más suave | 860 muestra con menos volumen y un color más claro, 970 y 227 un sabor más tostado | 498 es más pequeña, presentó un color más oscuro, 968 y 955 más suaves en textura, 498 más dura, textura desagradable para 968 y 955 |
| 10 | Más dura y crujiente | Más quemado y deja sabor feo | 512 quemada, 722 muestra sabor distinto al final |
| 11 | Diferente textura, 610 y 640 más suaves y poco uniformes, variaba el sabor | 554 más oscura, más volumen, más suave, 702 y 260 más crocantes | completamente aguada 680, textura más firme en 242 y 461 |
| 12 | Textura más compacta, no sabe tanto a tortilla, muestra no está tan aguada y no se percibe tanto el aceite | La crujencia es diferente, menos grasosa | Tiene sabor más original mas grasosa, sabe pura papa |
| 13 | 223 más tiesa, el que les falte sabor hace que sepan mucho a aceite. | 202 y 403 muestras con menos sabor a quemado, buena crujencia las 3. 717 un sabor poco amargo como quemado y no tan inflado. | 915 incomible mucho aceite, nada crujiente, Mucho aceite absorbido y mal color. |
| 14 | Más dura, de adentro era tostada, no tenía sabor frio como a masa cruda | Tenía menos sabor a wantan, menos tostado y con por dentro. | Más aguada, no crujiente, menos tostada y más ácida |
| 15 | 920: vieja aguada sin sabor; 479: dura, sin sabor, difícil de morder. 154: vieja, sin sabor, aguada | 293: crunchy, sabor salado, aceptable. 933: vieja dura, difícil de morder. 179: buena textura, crujiente | 610: vieja, grasosa, suave, sin sabor. 737: suave, grasosa, sin sabor, chiclosa. 926: suave, fea, insípida, vieja. |
| 16 | Muestra 444 más dura, mejor sabor | La muestra 156 es más suave, sabor aceitoso, color claro | 533 es más aguada, tiene mayor tamaño y sabía más a papa |
| 17 | La muestra 313 mas chiclosa y pasada, las otras se pueden morder con facilidad | No es tan crunchy como las otras dos muestras, cuesta morderlo más. | La 199 está más crunchy, las otras más aguadas. |
| 18 | La muestra es más crujiente, las otras son aguada y no tienen sabor | Todas las sentí igual | Era la más aguada |
| 19 | Grosor diferente, textura, orilla diferente. | grosor diferente | Grosor, crujencia y cantidad de aceite se sentían diferentes |

C. Análisis estadístico

Tabla No. 24 Análisis Anova para muestras de humedad papas 1%MC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| Control vs MC 1 | -12.143 | -0.755 | 12.706 | 0.588 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 17.969 | | |

Tabla No. 25 Análisis Anova para muestras de humedad "wantan" 1%MC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| MC 1 vs Control | -0.780 | -0.443 | 3.182 | 0.687 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 4.501 | | |

Tabla No. 26 Análisis Anova para muestras de humedad tostadas 1%MC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| MC1 vs Control | -0.601 | -2.092 | 3.182 | 0.128 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 4.501 | | |

Tabla No. 27 Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras papa 1%MC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| MC 1 vs Control | -2.847 | -19.784 | 12.706 | 0.032 | Sí |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 17.969 | | |

Tabla No. 28 Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras "wantan" 1%MC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| MC 1 vs Control | -3.062 | -0.852 | 12.706 | 0.041 | Sí |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 17.969 | | |

Tabla No. 29 Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras tostadas 1%MC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| MC 1 vs Control | -1272.410 | -1.751 | 2.366 | 0.123 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3.346 | | |

Tabla No. 30 Análisis Anova para fracturabilidad muestras papas 1%MC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|--------------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| Control vs MC 1 | -81.270 | -0.164 | 2.571 | 0.876 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3.636 | | |

Tabla No. 31 Análisis Anova para fracturabilidad muestras "wantan" 1%MC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|--------------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| MC 1 vs Control | -0.010 | -0.811 | 4.303 | 0.502 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 6.085 | | |

Tabla No. 32 Análisis Anova para fracturabilidad muestras tostadas 1%MC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|--------------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| MC 1 vs Control | -1272.410 | -1.751 | 2.366 | 0.123 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3.346 | | |

Tabla No. 33 Análisis Anova para muestras de humedad papas 1%HPMC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|--------------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| Control vs HPMC 1 | -0.932 | -1.415 | 12.706 | 0.392 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 17.969 | | |

Tabla No. 34 Análisis Anova para muestras de humedad "wantan" 1%HPMC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|--------------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| Control vs HPMC 1 | -0.837 | -0.427 | 12.706 | 0.743 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 17.969 | | |

Tabla No. 35 Análisis Anova para muestras de humedad tostadas 1%HPMC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|--------------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| Control vs HPMC 1 | -4428.953 | -1.923 | 2.448 | 0.103 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3.461 | | |

Tabla No. 36 Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras papa 1%HPMC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| HPMC 1 vs Control | -0.035 | -1.168 | 4.303 | 0.363 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 6.085 | | |

Tabla No. 37 Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras "wantan" 1%HPMC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| HPMC 1 vs control | -0.044 | -0.441 | 12.706 | 0.735 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 17.969 | | |

Tabla No. 38 Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras tostadas 1%HPMC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| HPMC 1 vs Control | -9.487 | -67.538 | 12.706 | 0.009 | Si |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 17.969 | | |

Tabla No. 39 Análisis Anova para fracturabilidad muestras papas 1%HPMC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| HPMC 1 vs control | -0.040 | -7.266 | 12.706 | 0.087 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 17.969 | | |

Tabla No. 40 Análisis Anova para fracturabilidad muestras "wantan" 1%HPMC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| Control vs HPMC 1 | -6.883 | -0.030 | 3.182 | 0.978 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 4.501 | | |

Tabla No. 41 Análisis Anova para fracturabilidad muestras tostadas 1%HPMC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| Control vs HPMC 1 | -1257.473 | -3.676 | 2.448 | 0.010 | Sí |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3.461 | | |

Tabla No. 42 Análisis Anova para muestras de humedad papas 2%MC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| Control vs MC 2 | -15.474 | -103.222 | 12.706 | 0.006 | Sí |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 17.969 | | |

Tabla No. 43 Análisis Anova para muestras de humedad "wantan" 2%MC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| Control vs MC 2 | -8.197 | -28.264 | 12.706 | 0.023 | Sí |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 17.969 | | |

Tabla No. 44 Análisis Anova para muestras de humedad tostadas 2%MC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| MC 2 vs Control | -3.084 | -0.482 | 12.706 | 0.714 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 17.969 | | |

Tabla No. 45 Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras papas 2%MC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| Control vs MC 2 | -6.673 | -4.733 | 3.182 | 0.018 | Sí |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 4.501 | | |

Tabla No. 46 Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras "wantan" 2%MC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| MC 2 vs Control | -1.285 | -1.928 | 12.706 | 0.305 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 17.969 | | |

Tabla No. 47 Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras tostadas 2%MC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| MC 2 vs Control | -3724.205 | -0.888 | 2.366 | 0.404 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3.346 | | |

Tabla No. 48 Análisis Anova para fracturabilidad muestras papas 2%MC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| Control vs Mc 2 | -762.420 | -1.157 | 2.366 | 0.285 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3.346 | | |

Tabla No. 49 Análisis Anova para fracturabilidad muestras "wantan" 2%MC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| MC 2 vs Control | -257.873 | -0.546 | 2.448 | 0.604 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3.461 | | |

Tabla No. 50 Análisis Anova para fracturabilidad muestras tostadas 2%MC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| Control vs MC 2 | -0.516 | -0.843 | 12.706 | 0.554 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 17.969 | | |

Tabla No. 51 Análisis Anova para muestras de humedad papas 2%HPMC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| Control vs HPMC 2 | -9.553 | -24.139 | 12.706 | 0.026 | Sí |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 17.969 | | |

Tabla No. 52 Análisis Anova para muestras de humedad "wantan" 2%HPMC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| HPMC 2 vs Control | -1.618 | -0.415 | 4.303 | 0.718 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 6.085 | | |

Tabla No. 53 Análisis Anova para muestras de humedad tostadas 2%HPMC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| HPMC 2 vs Control | -22.611 | -10.880 | 12.706 | 0.058 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 17.969 | | |

Tabla No. 54 Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras de papa 2%HPMC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|--------------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| HPMC 2 vs Control | -4.157 | -0.317 | 12.706 | 0.045 | Sí |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 17.969 | | |

Tabla No. 55 Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras de "wantan" 2%HPMC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|--------------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| Control vs HPMC 2 | -0.655 | -0.676 | 4.303 | 0.569 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 6.085 | | |

Tabla No. 56 Análisis Anova para porcentaje de grasa muestras de tostadas 2%HPMC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|--------------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| HPMC 2 vs Control | -3.319 | -0.391 | 4.303 | 0.734 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 6.085 | | |

Tabla No. 57 Análisis Anova para fracturabilidad muestras de papas 2%HPMC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|--------------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| Control vs HPMC 2 | -1301.483 | -3.371 | 2.571 | 0.020 | Sí |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3.636 | | |

Tabla No. 58 Análisis Anova para fracturabilidad muestras de "wantan" 2%HPMC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|--------------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| HPMC 2 vs Control | -139.317 | -0.295 | 3.182 | 0.787 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 4.501 | | |

Tabla No. 59 Análisis Anova para fracturabilidad muestras de tostadas 2%HPMC

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|--------------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| Control vs HPMC 2 | -2665.060 | -1.490 | 2.448 | 0.018 | Sí |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3.461 | | |

D. Guías y boleta de análisis sensorial prueba triangular

Nombre: _____

Fecha: _____

**Boleta Prueba triangular
para detectar diferencias (frituras)**

En esta prueba se analizarán 3 tipos de frituras, al terminar de evaluar uno se le pasará el siguiente. La forma en que se deben evaluar los 3 productos es similar.

Pruebe con precaución cada muestra, iniciando con la que tiene a su izquierda. Beba suficiente agua después de probar cada muestra, enjuáguese bien para que no queden residuos de alimento. Indique cuál de las muestras codificadas es la diferente y recuerde que en caso de duda, debe decidirse por una muestra. En la casilla de comentarios indicar las diferencias que encontró en las muestras y que lo llevaron a hacer su elección. Es obligatorio incluir comentarios para cada fritura.

Tostadas

CÓDIGOS DE MUESTRAS

MUESTRA DIFERENTE

Comentarios: _____

“Wantan”

CÓDIGOS DE MUESTRAS

MUESTRA DIFERENTE

Comentarios: _____

Papalinas

CÓDIGOS DE MUESTRAS

MUESTRA DIFERENTE

Comentarios: _____

Tabla No. 60 Orden de presentación de muestras de papa prueba triangular

| # | MUESTRA A | MUESTRA B | MUESTRA A |
|----|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 339 | 204 | 529 |
| 2 | 448 | 455 | 776 |
| 3 | 927 | 722 | 512 |
| 4 | 700 | 967 | 988 |
| 5 | 680 | 242 | 461 |
| 6 | 185 | 293 | 920 |
| 7 | 378 | 790 | 287 |
| 8 | 965 | 498 | 955 |
| 9 | 612 | 349 | 532 |
| 10 | 385 | 120 | 842 |
| # | MUESTRA B | MUESTRA A | MUESTRA A |
| 11 | 826 | 277 | 632 |
| 12 | 624 | 351 | 121 |
| 13 | 721 | 129 | 915 |
| 14 | 139 | 404 | 199 |
| 15 | 105 | 267 | 533 |
| 16 | 181 | 515 | 941 |
| 17 | 872 | 790 | 486 |
| 18 | 610 | 737 | 926 |
| 19 | 966 | 721 | 496 |
| 20 | 631 | 316 | 602 |
| 19 | 580 | 753 | 146 |
| 20 | 109 | 551 | 577 |

Muestra A: Papas control

Muestra B: Papas con cobertura

Tabla No. 61 Orden de presentación de muestras de wantan prueba triangular

| # | MUESTRA B | MUESTRA A | MUESTRA A |
|----|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 974 | 361 | 606 |
| 2 | 626 | 723 | 880 |
| 3 | 973 | 581 | 949 |
| 4 | 853 | 786 | 903 |
| 5 | 554 | 702 | 260 |
| 6 | 964 | 855 | 589 |
| 7 | 669 | 353 | 674 |
| 8 | 860 | 970 | 227 |
| 9 | 279 | 872 | 975 |
| 10 | 151 | 327 | 204 |

Continuación Tabla No. 61

| # | MUESTRA A | MUESTRA B | MUESTRA A |
|----|-----------|-----------|-----------|
| 11 | 995 | 311 | 370 |
| 12 | 901 | 508 | 220 |
| 13 | 202 | 403 | 717 |
| 14 | 255 | 124 | 747 |
| 15 | 706 | 935 | 156 |
| 16 | 775 | 186 | 662 |
| 17 | 855 | 261 | 855 |
| 18 | 293 | 933 | 179 |
| 19 | 471 | 189 | 128 |
| 20 | 484 | 230 | 667 |

Muestra A: ““wantan”” control

Muestra B: ““wantan”” con cobertura

Tabla No. 62 Orden de presentación de muestras de tostadas prueba triangular

| # | MUESTRA B | MUESTRA A | MUESTRA A |
|----|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 760 | 824 | 667 |
| 2 | 598 | 289 | 680 |
| 3 | 628 | 632 | 427 |
| 4 | 881 | 868 | 609 |
| 5 | 862 | 610 | 640 |
| 6 | 264 | 899 | 444 |
| 7 | 927 | 474 | 851 |
| 8 | 207 | 820 | 122 |
| 9 | 154 | 806 | 745 |
| 10 | 768 | 175 | 497 |
| # | MUESTRA A | MUESTRA B | MUESTRA A |
| 11 | 481 | 949 | 286 |
| 12 | 712 | 307 | 921 |
| 13 | 382 | 223 | 932 |
| 14 | 313 | 583 | 865 |
| 15 | 744 | 444 | 215 |
| 16 | 204 | 891 | 506 |
| 17 | 131 | 919 | 233 |
| 18 | 920 | 479 | 154 |
| 19 | 580 | 753 | 146 |
| 20 | 109 | 551 | 577 |

Muestra A: Tostadas control

Muestra B: Tostadas con cobertura