

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



MEJORAS EN LA APLICACIÓN Y MONITOREO DE  
SAZONADORES EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE  
ALIMENTOS TIPO BOQUITA

Trabajo de graduación presentado por  
Christa María Castellanos Ipiña  
para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Química

Guatemala  
2016



MEJORAS EN LA APLICACIÓN Y MONITOREO DE  
SAZONADORES EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE  
ALIMENTOS TIPO BOQUITA

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

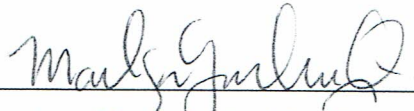


MEJORAS EN LA APLICACIÓN Y MONITOREO DE  
SAZONADORES EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE  
ALIMENTOS TIPO BOQUITA

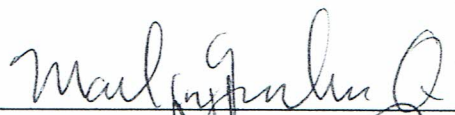
Trabajo de graduación presentado por  
Christa María Castellanos Ipiña  
para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Química

Guatemala  
2016

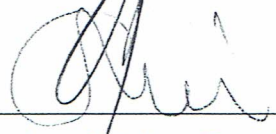
Vo. Bo:

(f)   
Ing. María Isabel Aguilera

Tribunal Examinador:

(f)   
Ing. María Isabel Aguilera

(f) \_\_\_\_\_  
Ing. Gamaliel Zambrano

(f)   
Ing. Cristian Rossi

Fecha de Aprobación: Guatemala, 11 de enero de 2016

# ÍNDICE

	Página
LISTADO DE CUADROS .....	vii
LISTADO DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN.....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	3
III. JUSTIFICACIÓN .....	4
IV. MARCO TEÓRICO .....	6
A. Sazonadores.....	6
B. Extrusión.....	7
C. Fritura de alimentos.....	7
D. Control de calidad .....	8
E. Métodos para análisis de porcentaje de sal .....	9
V. ANTECEDENTES.....	12
VI. METODOLOGÍA .....	15
VII. RESULTADOS .....	18
VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	21
IX. CONCLUSIONES .....	27
X. RECOMENDACIONES .....	28
XI. BIBLIOGRAFÍA .....	29
XII. ANEXOS .....	30
XIII. GLOSARIO.....	53

## LISTADO DE CUADROS

	Página
1. Sobreconsumo másico de sazónador según fórmula .....	5
2. Contenido de aceite en productos fritos comerciales .....	8
3. Porcentaje másicos de sal en productos a evaluar .....	14
4. Sobreconsumo de sazónador en base a fórmula .....	14
5. Porcentaje másico de recubrimiento establecido como estándar para cada producto evaluado .....	18
6. Porcentaje de velocidad tornillo sinfín para recubrimiento de fritura de maíz. ....	18
7. Condiciones de la línea de producción de pellejo de cerdo sabor barbacoa, para alimentación y recubrimiento de fritura .....	18
8. Condiciones de la línea de producción de fritura de trigo, para alimentación de pellet y sazónador para	19
9. Rango de porcentaje másico de sal establecido para cada producto para análisis de sal con equipo Mettler – Toledo DL-22 indicando cumplimiento según fórmula la pro medio .....	19
10. Metodología para análisis de fritura de maíz utilizando el salinómetro Atago ES-421 .....	19
11. Porcentaje de sal muestras de fritura de maíz utilizando el salinómetro Atago ES-421 .....	19
12. Ahorro total de sazónador debido a modificaciones en condiciones de operación.....	20
13. Determinador de sal.....	31
14. Salinómetro .....	31
15. Balanza analítica.....	32
16. Nitrato de plata .....	32
17. Aceptación de producto con recubrimiento según estándar.....	32
18. Porcentaje de sal en distintas muestras de fritura de maíz sabor queso.....	33
19. Porcentaje de sal en distintas muestras de fritura de maíz sabor barbacoa .....	33
20. Porcentaje de sal en distintas muestras de fritura de maíz sabor chile .....	33
21. Porcentaje de sal en distintas muestras de fritura de maíz sabor limón .....	33
22. Porcentaje de sal en distintas de fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa .....	34
23. Porcentaje de sal en distintas de fritura de trigo sabor queso .....	34
24. Porcentaje de sal en distintas de fritura de trigo sabor barbacoa .....	34
25. Porcentaje de sal en muestras de fritura de maíz sabor queso en línea a distintas condiciones de operación.....	35
26. Porcentaje de sal en muestras de fritura de maíz sabor barbacoa en línea a distintas condiciones de operación.....	35
27. Porcentaje de sal en muestras de fritura de maíz sabor chile en línea a distintas condiciones de operación.....	35
28. Porcentaje de sal en muestras de fritura de maíz sabor limón en línea a distintas condiciones de operación.....	35
30. Porcentaje de sal en muestras de fritura de trigo sabor barbacoa en línea a distintas condiciones de operación.....	36
31. Porcentaje de sal en muestras de fritura de trigo sabor queso en línea a distintas condiciones de operación.....	36
32. Curva de calibración salinómetro .....	37
33. Comparación de porcentaje de sal utilizando equipo Mettler – Toledo y salinómetro Atago .....	37
34. Porcentaje de sal con salinómetro Atago para los rangos de recubrimiento establecidos aceptables .....	37
35. Porcentaje de recubrimiento de cada boquita según estándar .....	37
36. Consumo promedio de sazónadores de los últimos seis meses (antes de realizar modificaciones) para cada producto.....	38
37. Porcentaje de recubrimiento propuesto .....	40
38. Porcentaje de sal por recubrimiento en muestras fritura de maíz sabor queso .....	40
39. Porcentaje de sal por recubrimiento en muestras fritura de maíz sabor barbacoa .....	41
40. Porcentaje de sal por recubrimiento en muestras fritura de maíz sabor chile .....	41
41. Porcentaje de sal por recubrimiento en muestras fritura de maíz sabor limón .....	41
42. Porcentaje de sal por recubrimiento en muestras de fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa .....	42
43. Porcentaje de sal por recubrimiento en muestras de fritura de trigo sabor barbacoa .....	42

44. Porcentaje de sal por recubrimiento en muestras de fritura de trigo sabor queso.....	42
45. Ecuación de la recta y coeficiente de determinación para curvas de calibración de equipo Mettler Toledo DL-22.....	46
46. Porcentaje de recubrimiento en muestras de fritura de maíz sabor queso a distintas condiciones de operación.....	47
47. Porcentaje de recubrimiento en muestras de fritura de maíz sabor barbacoa para la condición de operación utilizada.....	47
48. Porcentaje de recubrimiento en muestras de fritura de maíz sabor chile para la condición de operación utilizada.....	47
49. Porcentaje de recubrimiento en muestras de fritura de maíz sabor limón para la condición de operación utilizada.....	47
50. Porcentaje de sal en muestras de fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa en línea a distintas condiciones de operación.....	48
51. Porcentaje de sal en muestras de fritura de trigo sabor barbacoa en línea a distintas condiciones de operación.....	48
52. Porcentaje de sal en muestras de fritura de trigo sabor queso en línea a distintas condiciones de operación.....	48
53. Ecuación de recta de la curva de calibración y coeficiente de determinación.....	49
54. Consumo y ahorro de sazonadores al finalizar el proyecto con base en recubrimiento estándar de boquitas.....	49

## LISTADO DE FIGURAS

	Página
1. Expulsión de vapor de agua en fritura de papa en aceite a 180°C. ....	8
2. Diagrama general del proceso de elaboración de boquitas a partir de pellet .....	12
3. Curva de calibración pellet frito de maíz sabor queso.....	43
4. Curva de calibración pellet frito de maíz sabor barbacoa .....	43
5. Curva de calibración pellet frito de maíz sabor chile .....	44
6. Curva de calibración pellet frito de maíz sabor limón .....	44
7. Curva de calibración fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa .....	45
8. Curva de calibración pellet de papa frito sabor barbacoa.....	45
9. Curva de calibración pellet de papa frito sabor queso .....	46
10. Curva de calibración de salinómetro Atago.....	49
11. Sazonador utilizado para recubrimiento de fritura de maíz sabor queso .....	51
12. Sazonador utilizado para recubrimiento de fritura de maíz sabor barbacoa .....	51
13. Sazonador utilizado para recubrimiento de fritura de maíz sabor chile .....	51
14. Sazonador utilizado para recubrimiento de pellejo de cerdo frito sabor barbacoa .....	52
15. Sazonador utilizado para recubrimiento de fritura de trigo sabor queso.....	52

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo principal de obtener parámetros de control sensorial y análisis químicos, para la cuantificación de consumo de sazónadores utilizado para el recubrimiento de boquitas, estableciendo las condiciones de operación, evitando el desperdicio de sazónador y asegurar la calidad de los productos al cumplir con las especificaciones del recubrimiento.

Una de las formas para realizar un análisis del porcentaje de recubrimiento en boquitas, se hace por determinación del porcentaje másico de sal en el producto, ya que éste es uno de los principales ingredientes en los sazónadores, y sirve como referencia. Para este análisis se realizaron curvas de calibración de porcentaje másico de recubrimiento vs porcentaje másico de sal por recubrimiento en cada producto evaluado. Estas curvas, fueron utilizadas para determinar el porcentaje de sal y por consiguiente, el porcentaje de recubrimiento en las boquitas producidas.

Se determinó las condiciones de operación, flujo de pellet y de sazónador, para el recubrimiento de los distintos productos evaluados: fritura de maíz, fritura de trigo y fritura de pellejo de cerdo, con el fin de asegurar el cumplimiento de fórmula, con un rango de aceptabilidad del 10% por encima del estándar, como máximo permitido por la empresa. Estas condiciones se evaluaron durante un mes, para obtener un número de muestras representativas, revisar los parámetros manejados y el cumplimiento de las especificaciones requeridas del producto. Por otro lado se determinó el porcentaje másico de sal que debe contener cada producto, como método de control. Estos porcentajes másicos establecidos de sal fueron determinados con el equipo Mettler – Toledo DL22, que cuenta con un método de análisis de potenciometría con alta exactitud.

Debido a que el equipo antes mencionado tiene una metodología compleja, se implementó el uso de un nuevo equipo de análisis para el monitoreo constante y rápido en planta. El equipo implementado fue un salinómetro marca ATAGO que utiliza el método de conductividad. Para este equipo se establecieron los nuevos porcentajes másicos de sal ya que, por ser un método distinto, los resultados a obtener de los análisis realizados, serán distintos.

Por último, se determinó el ahorro logrado con el proyecto en la cantidad de sazónador, siendo el producto de fritura de maíz, sabor barbacoa, el que representó un ahorro mayor y fritura de trigo sabor barbacoa el de menor ahorro con un 51.00% y 6.59% respectivamente, con respecto al exceso de consumo de sazónador.

# I. INTRODUCCIÓN

Las industrias enfocadas en la producción de boquitas han sido uno de los sectores con mayor incremento de ventas en las industrias de alimentos desde los años 80, teniendo que realizar modificaciones en los equipos del proceso y automatización de los mismos para tener un proceso más eficiente. Es de gran importancia tener un buen control en las condiciones de operación de todo el proceso para proporcionar a los consumidores un producto homogéneo y de calidad para su satisfacción. Uno de los principales procesos que se debe controlar, es el recubrimiento con saborizantes, según el sabor deseado, ya que son los encargados de proporcionar el sabor característico a cada producto.

Durante el proceso de recubrimiento de frituras, se debe establecer la cantidad de saborizante que cada boquita debe contener, las condiciones de operación de flujo de pellet y flujo de saborizante con las que se logra obtener el producto final y la metodología para el monitoreo del producto. Durante la producción, puede existir variación en la masa del producto final debido a la expansión en el proceso de fritura de pellet, que depende de la granulometría de la harina utilizada, porcentaje de humedad de pellet extruido y la temperatura y tiempo de fritura. Esta variación de masa puede ser compensada, variando la cantidad de saborizante que se agrega al pellet frito, aunque no es recomendable porque el sabor se ve afectado, así como el cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos.

Se llevó a cabo un trabajo de investigación en una empresa guatemalteca dedicada a la elaboración de frituras de maíz, trigo y de pellejo de cerdo, enfocándose en el proceso de recubrimiento con saborizantes de los principales productos fritos.

Se trabajó en obtener parámetros de control sensorial y químicos para la cuantificación de consumo de saborizantes utilizado para el recubrimiento de boquitas, logrando establecer las condiciones de operación y evitar el sobre consumo de materia prima, asegurando la calidad de los productos, cumpliendo con el recubrimiento establecido como estándar. Para esto se llevó a cabo un análisis previo de todos los productos terminados y el producto según fórmula, evaluando al mismo tiempo las condiciones de operación de flujo de pellet y flujo de saborizante.

Posteriormente se modificaron dichas condiciones, evitando un cambio drástico en el producto, hasta obtener las condiciones necesarias para el cumplimiento del recubrimiento establecido como estándar.

Se determinó las condiciones de operación, flujo de pellet y de saborizante, para el recubrimiento de los productos evaluados asegurando que cumplieran con lo establecido, con un rango de aceptabilidad del 10% por encima del estándar, como máximo permitido por la empresa. Por otro lado se determinó el porcentaje máximo de sal que debe contener cada producto, que depende del recubrimiento de sabor de cada fritura, como

método de control. Estos porcentajes máxicos establecidos de sal fueron determinados con el equipo Mettler – Toledo DL22, que cuenta con un método de análisis de potenciometría con alta exactitud.

Debido a que el equipo antes mencionado tiene una metodología compleja, se implementó el uso de un nuevo equipo de análisis para el monitoreo constante y rápido en planta. El equipo implementado fue un salinómetro marca ATAGO que utiliza el método de conductividad. Se determinaron los rangos de porcentaje máxico de sal para fritura de maíz sabor queso, según la metodología implementada para preparar la muestra y el recubrimiento estándar.

Por último, se determinó el ahorro logrado con el proyecto en la cantidad de sazónador, siendo el producto de fritura de maíz, sabor barbacoa, el que representó un ahorro mayor y fritura de trigo sabor barbacoa el de menor ahorro con un 51.00% y 6.59% respectivamente, con respecto al exceso de consumo de sazónador.

## II.OBJETIVOS

### A. OBJETIVO GENERAL

Determinar los rangos de control sensorial y químico para la cuantificación del consumo de sazónadores utilizado en el recubrimiento de boquitas, y establecer las condiciones de operación de flujo de pellet y aplicación sazónador para cumplir con el recubrimiento establecido como estándar, la calidad de los productos y evitar el exceso de consumo de sazónador.

### B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar y verificar el recubrimiento de boquitas más aceptado, incluyendo el estándar, usando un panel sensorial, realizando pruebas de aceptabilidad con distinto recubrimiento.
- Cuantificar el porcentaje másico de recubrimiento de boquitas fabricadas, usando la determinación de porcentaje de sal, para realizar una comparación con el recubrimiento especificado según el estándar, reduciendo el exceso de consumo de sazónador.
- Estandarizar las condiciones de operación de flujo en pellet y aplicación de sazónador, para reducir el exceso de consumo de sazónadores al cumplir con el recubrimiento según el estándar.
- Proponer un método para el monitoreo de porcentaje másico de sal en el producto, que pueda ser repetitivo y contribuya al control de calidad de una manera práctica.
- Determinar el porcentaje másico ahorrado de sazónador de los diferentes productos, debido a las modificaciones realizadas en el proceso por medio de un balance de masa, con base en el exceso de consumo.

### III. JUSTIFICACIÓN

En las empresas dedicadas a la producción de boquitas se incluye dentro de la materia prima a los sazonadores que tienen como función dar las características sensoriales de cada producto por lo tanto son de gran importancia en las empresas.

Al momento de desarrollar una nueva boquita, formular el producto, indicando los ingredientes y las condiciones de operación de la línea de producción, para producir un producto con calidad constante.

Las distintas formas de monitorear la aplicación adecuada de recubrimiento de sazonador de cada boquita pueden ser de forma sensorial (con un panel capacitado) y por cuantificación de sal, del producto terminado. Es importante conocer un rango o valor medio de porcentaje másico de sal que el pellet sin sabor contiene para saber el porcentaje másico de sal aplicado en cobertura.

El análisis sensorial es un método subjetivo y los resultados pueden variar entre cada panelista según la experiencia y capacidad en percibir cambios leves en el producto. Por otro lado, el método de determinación de sal es objetivo, no importando que varíen las cantidades de sal en el pellet o sazonador. Debido a las desviaciones que pueden existir en cada método, es importante realizar ambos métodos de evaluación para asegurar la calidad del producto terminado.

Durante la elaboración de boquitas, se realiza un proceso de extrusión, formando el pellet a partir de harina, seguido de la fritura del mismo. Durante estos dos procesos se puede obtener producto con distinta humedad y expansión afectado por las condiciones de operación, así como las características de la harina, granulometría y humedad principalmente, que afectan a la densidad del producto terminado que ocasiona variación en la percepción del consumidor.

Al tener una variación en la densidad del producto terminado, la razón de la masa sobre cierto volumen, también varía. Esta variación puede afectar ya que las boquitas suelen venderse por un peso neto en un volumen específico. Este peso puede variar en un rango determinado por el reglamento técnico centroamericano y es a partir de esto que se puede determinar la variación en la densidad del producto final.

Una forma de modificar la densidad del producto final, es modificando el porcentaje másico de sazonador que se le agrega a la boquita, obteniendo una mejor masa del producto final, pero modificando también el sabor característico establecido. Un aumento de sazonador puede dar como resultado una boquita muy salada mientras que una disminución, boquita sin sabor.

Debido a lo anterior, es de gran importancia que se especifiquen las condiciones de operación de cada línea, en especial la adición de sazónador según el flujo de pellet, evitando que exista un recubrimiento fuera del establecido, poniendo en riesgo la calidad del producto y el gasto excesivo de materia prima causando pérdidas económicas a la empresa.

Debido al sobreconsumo de sazónadores que se ha determinado debido al porcentaje másico de recubrimiento en los procesos evaluados, se ve la necesidad de realizar dicho estudio para producir boquitas con la cantidad de sabor según el estándar y obtener un ahorro en el consumo de sazónadores. Se trabajó en fritura de maíz sabor queso, barbacoa, chile y limón, fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa y fritura de trigo sabor queso y barbacoa.

Cuadro 1. Sobreconsumo másico de sazónador según fórmula.

Producto	Consumo de sazónador, m/m (%)
Fritura de maíz sabor queso	72
Fritura de maíz sabor barbacoa	50
Fritura de maíz sabor chile	49
Fritura de maíz sabor limón	90
fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa	57
Fritura de trigo sabor barbacoa	07
Fritura de trigo sabor queso	12

Como se puede observar en el Cuadro 1, se tiene exceso en el consumo de sazónadores, siendo el mayor de 90% y el menor de 7%, para fritura de maíz sabor limón y fritura de trigo sabor barbacoa respectivamente.

Debido a que existe sobreconsumo de sazónadores, se tiene un gasto económico extra que representa pérdidas para la empresa. Para realizar un análisis económico, se toma en cuenta el costo del sazónador en términos másicos y la producción de fritura en el mes evaluado. Debido a los parámetros utilizados para este análisis, las pérdidas económicas y sobreconsumo de sazónadores son las mismas, al representarlas como un porcentaje.

En el presente trabajo se buscó estandarizar el proceso de recubrimiento de boquitas, para asegurar una cantidad de sazónador específico en el producto y que no sean alteradas debido a variaciones en el proceso anterior al recubrimiento

## IV. MARCO TEÓRICO

### A. SAZONADORES

Los sazónadores son sustancias que se agregan a cualquier tipo de alimento con el fin de dar un sabor único y característico al producto final. Esos sazónadores pueden ser artificiales o naturales (Matz, 1984).

Los sazónadores naturales son de origen vegetal o animal que pueden ser encontrados en semillas, hojas o frutas y pueden ser extraídas con solventes de aceites o bien pueden ser utilizados directamente como se encuentran en la naturaleza (Matz, 1984)

Los sazónadores artificiales llevan un proceso químico para lograr un sabor específico. Para formular un sazónador de este tipo, es necesario realizar una mezcla de varios compuestos artificiales. Al momento de formular un sazónador, es de gran importancia tomar en cuenta las características sensoriales del producto así como la exactitud en el sabor que se desea crear (Heath, 2001)

La forma de añadir el sazónador al alimento, dependerá de la capacidad de adherencia del sazónador. Si un alimento tiene una alta capacidad de adherencia, el sazónador puede ser esparcido sobre el como un polvo, por otro lado, si no tiene alta capacidad de adherencia, el sazónador puede utilizar un medio como vehículo, que ayude a la adherencia. En el caso de frituras, se puede utilizar un slurry, que es una suspensión de sazónador en aceite (Matz, 1984)

1. **Sal.** La sal es un ingrediente esencial para las boquitas, dulces o salados. En muchas de las boquitas es utilizado como el sabor predominante y en muchos otros es utilizado para lograr que un sabor sea más pronunciado y agradable. La sal utilizada para las boquitas es cloruro de sodio con un grado alto de pureza para evitar que el sabor de la boquita sea afectado por otros ingredientes. Existen otras sales que se pueden utilizar como el cloruro de potasio, pero estas pueden tener una menor capacidad de potenciar el sabor de la boquita o pueden tener un nivel de toxicidad más alto que la sal común, cloruro de sodio (Matz, 1984).

## B. EXTRUSIÓN

Existen muchas boquitas que son preparados por extrusión antes de ser secados o fritos. Principalmente se utiliza en productos a base de maíz, papa y otros granos. Todos los productos extruidos pueden tener características distintas dependiendo de la humedad, proteína, grasa o fibra. Muchas veces se le agrega agua, aceite o emulsionantes para modificar el producto que se obtiene (Edmund, 2006).

Los extrusores son utilizados en la preparación de alimentos y tienen cuatro funciones principales que se pueden realizar simultáneamente. La primera función es mezclar los ingredientes que se desean en el producto final, a menos que exista un mezclado anterior a este proceso, esto ocurre principalmente en productos a base de maíz. Otra función es la cocción, donde se utiliza un enchaquetado para la circulación de vapor como fuente de calor. Además pueden ser utilizados para dar forma al producto haciendo pasar la materia prima por el extrusor y luego por cuchillas para obtener la forma deseada (Matz, 1984).

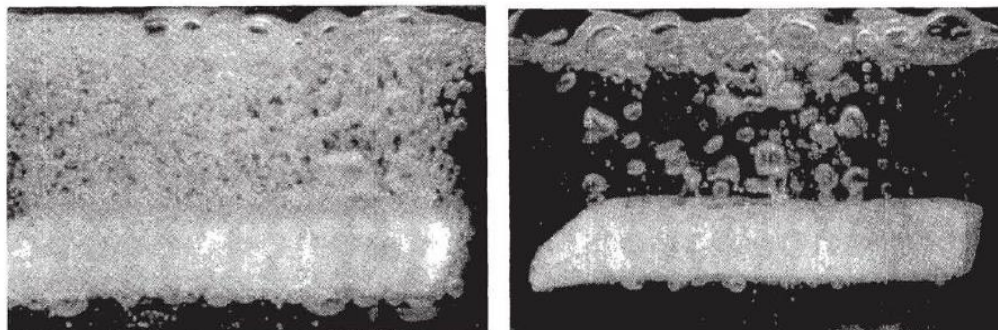
Durante el proceso de extrusión, la materia prima (maíz, papa, etc.) se mezcla con los ingredientes necesarios y son forzados a pasar por una abertura con la forma deseada en el producto final, operando a temperaturas por arriba de 100°C. Posteriormente el producto sale del extrusor y el agua contenida se evapora logrando la expansión del producto y la temperatura comienza a disminuir logrando el enfriamiento del almidón, asegurar la forma del producto. Esta expansión es complementada con el proceso de fritura (Edmund, 2006).

## C. FRITURA DE ALIMENTOS

La fritura es una operación unitaria donde un alimento es sumergido en aceite con el fin de cocer y dar sabor y textura única a los alimentos, logrando la absorción de aceite. Durante el proceso, se lleva a cabo una transferencia de calor al poner en contacto el alimento con aceite a altas temperaturas. Durante el proceso de fritura, existen pequeñas burbujas de vapor de agua por tener temperaturas hasta de 200°C y estas desaparecen conforme la humedad superficial del alimento se reduce. Estas burbujas se forman en la superficie del alimento y se elevan a la superficie del aceite para abandonar el sistema (Badui, 2006).

Figura 1. Expulsión de vapor de agua en fritura de papa en aceite a 180°C.

Inicio de fritura (izquierda); final de fritura (derecha).



(Badui, 2006)

Durante la fritura de alimentos hay una deshidratación parcial y local, en la parte externa del producto logrando que la corteza del mismo sea dura. El aceite penetra el alimento y es retenido formando parte del producto final (Badui, 2006).

Con esta operación, se logra una variación en la cantidad de humedad y aceite simultánea, teniendo una disminución en la humedad de 80% y aumento en el contenido de aceite en 35%. Por lo general, el porcentaje de aceite dependerá del producto que se desea como se muestra en el siguiente cuadro (Badui, 2006):

Cuadro 2. Contenido de aceite en productos fritos comerciales

Producto	Contenido de aceite (base húmeda) (%)
Papa chip	35 – 45
Tortillas de maíz	23 – 34
Expandidos de queso	32 – 46

(Badui, 2006)

## D. CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad es un conjunto de atributos de presentación, composición y pureza, tratamiento y conservación que logran asegurar que un alimento sea aceptable y apetecible para el consumidor. Algunas características determinantes para los alimentos son color, olor, aroma, sabor, textura y ausencia de contaminantes (Hispanista, 2014).

1. **Análisis sensorial.** El análisis sensorial es una disciplina científica utilizada para medir, analizar e interpretar la reacción que causa las características de alimentos o materia prima dependiendo de cómo son percibidos por los sentidos de vista, tacto, gusto y olfato. Estos análisis son utilizados en la industria con el fin de tener control de calidad en materia prima y producto terminado, evaluar la aceptación de materia prima de diferente procedencia, control de proceso, evaluación de viabilidad de cambios realizados en el proceso, entre otras (Hubbard, 1996).

Las evaluaciones sensoriales toman en cuenta varios factores como temperatura, textura y apariencia física. La temperatura es de gran importancia ya que tiene la capacidad de modificar la potencia de sabor en los alimentos y la evaluación puede ser afectada por este factor. La textura logrará indicar si la consistencia o dureza son las deseadas en el alimento. La apariencia física puede tener gran influencia en las evaluaciones que, en ocasiones, las evaluaciones se realizan con iluminación que haga difícil la diferenciación de color (Hubbard, 1996).

Existen distintos métodos para llevar a cabo un análisis sensorial y dependerá del objetivo de la evaluación, algunos métodos son:

- **Comparación por parejas:** Se realiza una evaluación de dos muestras similares con una sola característica distinta, logrando que el panelista la identifique.
- **Dilución:** Los panelistas determinan cuál es la muestra con menor concentración que se puede percibir cierta característica del producto.
- **Triangular:** Se utilizan tres muestras de las cuales dos son idénticas logrando que el panelista identifique la distinta y su preferencia.
- **Clasificación:** Los panelistas tendrán que ordenar las muestras dadas de la menor a la mayor o bien de la mejor a la peor (Hubbard, 1996).

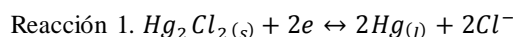
## E. MÉTODOS PARA ANÁLISIS DE PORCENTAJE DE SAL

### 1. Determinación del porcentaje de sal por medio de titulación potenciométrica.

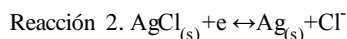
a. **Método de análisis.** La potenciometría es un método de análisis basado en la medida del potencial de celdas electroquímicas. Una de las principales aplicaciones de este método es la identificación de puntos finales de valoraciones por medio de la medida de la concentración de iones por medio del potencial de electrodos de membranas. El equipo utilizado para la potenciometría cuenta con un electrodo de referencia, electrodo indicador y un dispositivo de medida de potenciales (Skoog, 2007).

Los electrodos de referencia son una celda con un potencial de electrodo conocido y constante para una temperatura y es independiente de la composición de la disolución a analizar. Estos electrodos pueden ser de dos tipos:

- Electrodo calomelanos: Está formado por mercurio recubierto por una capa insoluble de cloruro de mercurio, en equilibrio con una disolución de cloruro de potasio con una concentración 0.1N, 1N o saturada. La reacción del electrodo es la siguiente (Skoog, 2007):



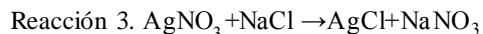
- Electrodo de Plata – Cloruro de plata: su sistema es análogo al electrodo calomel; consta de un electrodo de plata en una solución de cloruro de potasio saturada. La reacción del electrodo es la siguiente (Skoog, 2007):



Los electrodos indicadores tendrán una respuesta que depende de la concentración del analito. Estos pueden ser de distintos tipos:

- Electrodo indicadores metálicos. Estos también puede dividirse en electrodos puros que se encuentran en equilibrio directo con su catión en la disolución (de primera especie) y los electrodos que responden a las actividades de aniones que forman precipitados poco solubles o complejos (de segunda especie) (Skoog, 2007).
- Electrodo indicadores de membrana. es utilizado para determinar el pH por medio del potencial que se genera a través de una membrana de vidrio se sirve para separar dos disoluciones de concentraciones distintas de iones de hidrogeno (Skoog, 2007).

b. Funcionamiento del equipo. El equipo para determinación de sal Mettler –Toledo, se basa en la valoración utilizando el método potenciómetro en el cual se cuenta con un electrodo encargado de medir el potencial eléctrico en la solución, para lograr determinar la concentración de la misma. Durante la valoración se da la siguiente reacción:



La valoración termina cuando todo el cloruro de sodio ha sido consumido y ya no hay formación de cloruro de plata y por lo tanto el potencial eléctrico medido por el electrodo se mantiene constante.

El equipo cuantifica la cantidad de nitrato de plata utilizado para la valoración, obteniendo la cantidad de cloruro de plata formada que es proporcional a la cantidad de cloruro de sodio, sal, en la muestra, según la reacción 3. Conociendo la cantidad de sal en la muestra, se compara con el peso inicial de la muestra indicado y se realiza una relación para obtener el porcentaje de sal que se encuentra en la muestra.

## 2. Determinación del porcentaje de sal por medio de conductividad

a. Método de análisis y funcionamiento del equipo. La medición de sal por medio de conductividad indica el flujo de corriente eléctrica. Esta depende del contenido de sal que exista en la muestra. La unidad de medida de la conductividad es siemens (S) en el sistema internacional de medida (Atago, 2009).

El salinómetro Atago ES-421, es un equipo que cuenta con dos pares de electrodos para el funcionamiento. El primer par de electrodos mide la conductancia en la solución a analizar mientras que el otro par sirve como referencia para lograr una medición más exacta y precisa (Atago, 2009).

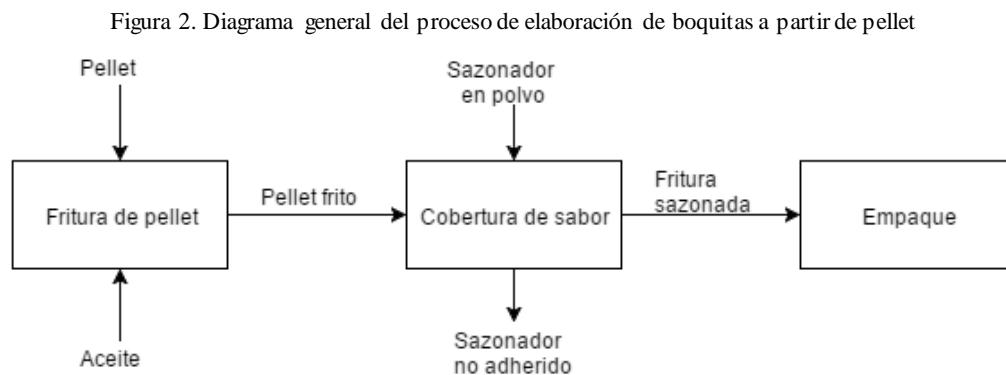
En las mediciones de sal con porcentaje de sal entre 0.00% - 10.00%, tiene un comportamiento lineal a menos que el producto cuente con salsa soya, después de los 6° brix. La temperatura no interfiere en la medición ya que cuenta con un resistor de platino, buscando ajustar los valores obtenidos a los que se obtendrían a una temperatura de 20°C (Atago, 2009).

## V. ANTECEDENTES

Con el alto crecimiento de las industrias dedicadas a la producción de boquitas, los procesos se han ido automatizando y por lo mismo el desarrollo de metodologías para el monitoreo del producto en proceso y terminado ha ido creciendo. Uno de los factores más importantes a tomar en cuenta es el sabor de las boquitas, para lo cual se deben desarrollar distintas metodologías asegurando que el porcentaje de recubrimiento cumpla con lo estandarizado y sea homogéneo.

El recubrimiento de boquitas es fundamental en el proceso (Figura 2), ya que es donde se le da un sabor característico a cada boquita. Este proceso se lleva a cabo en un mezclador de tambor rotatorio donde se hace pasar el pellet frito para que tenga contacto con el sazónador a utilizar. El sazónador es llevado al mezclador por medio de un transportador de tornillo sin fin que tiene una velocidad específica, que puede modificarse según el flujo de pellet, para obtener la cantidad de sazónador necesaria.

Los sazónadores a utilizar deben contar con estándares previamente evaluados, como humedad, grasa, contenido de sal y granulometría para asegurar que mantengan la calidad. Estos análisis se realizan para asegurar que el producto que ingresa a planta cuenta con los estándares indicados por el proveedor de los mismos y por ende, se realizan también en el producto terminado.



Uno de los métodos para evaluar la cantidad de sazónador aplicada en una boquita, es con un análisis sensorial, análisis sensorial con distintas pruebas que muestran la preferencia del panelista por un sabor. Este método es de gran utilidad, aunque en algunos casos puede resultar con alta subjetividad y depende del entrenamiento de los panelistas. Un ejemplo de ello es el estudio elaborado en 2003 por Ratanatriwong, Barringer y Delwiche, donde se evaluó la aceptación de boquitas luego de ser recubiertos. Para la cobertura se utilizó una banda transportadora donde se aplica el sazónador, que se encuentra como un polvo, de manera electrostática. En la prueba se utilizaron distintos sazónadores que fueron barbacoa, crema y cebolla, sal y

vinagre y nacho queso, que fueron agregados a chips de papa. Los chips fueron recubiertos a 7.5% en masa, por ser un valor típico en la industria.

Los panelistas involucrados realizaron distintas pruebas para determinar la preferencia entre los chips recubiertos electrostáticamente y los que no fueron recubiertos de esta manera. Para ello se aplicaron pruebas triangulares, relativas a ideal y comparación en pareja.

Con las mediciones se pudo observar que existe una mayor aceptación en los chips que están recubiertos uniformemente, lo cual se logró con método electrostático; sin embargo, los panelistas no pudieron percibir un cambio en el porcentaje de cobertura de 1% en peso.

Por otro lado, Reyes y Barringer, realizaron una comparación, en el año 2005, entre el método de colorimetría y análisis de imagen, realizando una comparación con análisis sensorial. El método de colorimetría estudia la medida de colores para desarrollar métodos de cuantificación usando una escala numérica mientras que el análisis de imagen determina el porcentaje de recubrimiento de una superficie.

Para llevar a cabo el estudio se utilizó cinco distintos sazonadores: barbacoa, nacho queso, crema y cebolla y sal y vinagre. Estos sazonadores fueron aplicados se aplicaron a chips fritos de papa que fueron pintados de blanco para evitar que la diferencia en el pellet fuera una variable y que pudiera afectar los resultados. Los chips fueron recubiertos y evaluados por los tres métodos antes mencionados.

El análisis sensorial se utilizó como una referencia comparativa entre el método visual y colorimetría, obteniendo como resultado que el método más exacto es análisis visual, teniendo más concordancia con análisis de error, sin embargo, el método de colorimetría es más fácil.

Antes de comenzar el proyecto, los consumos de sazonadores se encontraban por encima delo indicado por fórmula, contando con análisis de porcentaje másico de sal para el control, pero no se tenían rangos de aceptación del mismo. Las condiciones de operación de flujo de sazonador y pellet eran variables, dependiendo de la percepción sensorial o el peso del producto. Debido a ello se tenían los siguientes resultados de porcentaje de sal:

Cuadro 3. Porcentaje máxicos de sal en productos a evaluar

Producto	Contenido de sal, m/m (%)
Fritura de maíz sabor queso	3.39
Fritura de maíz sabor barbacoa	2.56
Fritura de maíz sabor chile	2.35
Fritura de maíz sabor limón	2.57
fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa	5.53
Fritura de trigo sabor barbacoa	3.59
Fritura de trigo sabor queso	4.19

Estos porcentajes de sal son proporcionales al porcentaje de recubrimiento (m/m) que se evaluó durante la elaboración del trabajo de graduación.

Actualmente, se tienen datos calculados del sobreconsumo de sazónador para cada producto antes mencionado. Los datos fueron obtenidos a partir de un balance de masa usando como base la cantidad de producto obtenido. Se determinó la cantidad de sazónador que se debía emplear para cumplir con fórmula y se comparó con la cantidad utilizada en el mes evaluado. Los datos mostrados a continuación (Cuadro 4), muestran el sobreconsumo de sazónador promedio de los seis meses anteriores de iniciar el proyecto.

Cuadro 4. Sobreconsumo máxico de sazónador en base a fórmula

Producto	Consumo de sazónador, m/m (%)
Fritura de maíz sabor queso	72
Fritura de maíz sabor barbacoa	50
Fritura de maíz sabor chile	49
Fritura de maíz sabor limón	90
fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa	57
Fritura de trigo sabor barbacoa	07
Fritura de trigo sabor queso	12

Los porcentajes de sobreconsumo máxico mostrados anteriormente, indican el porcentaje extra de sazónador que contienen las frituras con base en el recubrimiento estandarizado. Por lo que se busca que el sobreconsumo sea de 0% - 10%, debido al rango de aceptación indicado por la empresa, evitando el consumo innecesario de sazónador.

## VI. METODOLOGÍA

### B. PRUEBA SENSORIAL

#### 1. Materiales y equipo

- Pellet de maíz, trigo y pellejo de cerdo
- Sazonadores de boquitas

2. **Procedimiento.** Se realizó una evaluación sensorial de las boquitas que abarca el trabajo. Para esto se elaboraron muestras de boquitas con recubrimiento según el estándar y se tomó una muestra de la línea de producción para determinar si el producto estándar era aceptado por el departamento de aseguramiento de calidad. Al tomar la muestra del producto en proceso se observaron las condiciones de operación de flujo de sazónador y de pellet para tener un punto de partida para las modificaciones posteriores en las líneas de producción.

### C. CUANTIFICACIÓN DE RECUBRIMIENTO DE BOQUITAS

#### 1. Materiales y equipo

- Pellet de maíz, trigo y pellejo de cerdo
- Sazonadores de boquitas
- Nitrato de plata 0.1 N (ver cuadro 16)
- Agua desmineralizada
- Balanza analítica marca Mettler - Toledo (ver cuadro 15)
- Determinador de sal Mettler – Toledo (Ver cuadro 14)

2. **Procedimiento:** Para cuantificar el recubrimiento de las boquitas en las líneas de producción, se realizó una curva de calibración con el porcentaje másico de recubrimiento de boquita vs porcentaje másico de sal (Ver anexo 1). En la curva se incluyó el porcentaje de recubrimiento estándar por ser la cantidad deseada contenida en el producto final. El procedimiento se realizó entre 3 y 5 veces, para corroborar los datos obtenidos. Se calculó la ecuación de la recta que define la curva obtenida y el coeficiente de determinación.

Con la ecuación de la recta se calculó el porcentaje de recubrimiento de las muestras obtenidas de las líneas de producción, por interpolación a partir del porcentaje de sal.

## D. ESTANDARIZACIÓN DE CONDICIONES DE OPERACIÓN DE FLUJO DE PELLET Y SAZONADOR

### 1. Materiales y equipo

- Pellet de maíz, trigo y pellejo de cerdo
- Sazonadores de boquitas
- Nitrato de plata 0.1 N (cuadro 16)
- Agua desmineralizada
- Balanza analítica marca Mettler - Toledo (cuadro 15)
- Determinador de sal Mettler – Toledo (cuadro 14)

2. **Procedimiento:** Se realizaron modificaciones en las condiciones de operación de cada boquita, para ajustar la cantidad de sazónador según la cantidad de alimentación de pellet, logrando reducir el porcentaje de recubrimiento hasta alcanzar el estándar. Cada modificación se hizo gradualmente para evitar que se percibiera un cambio drástico en el producto terminado. Para los cambios realizados en las líneas de producción, se tomó en cuenta las variables que podían ser modificadas y el nivel de automatización del proceso; las modificaciones se realizaron de la siguiente manera:

- Pellet de maíz frito: Cambio en el porcentaje de aplicación por medio de la variación en la velocidad del tornillo sinfín utilizado para aplicar el sazónador.
- Pellet de trigo frito: Modificación en la velocidad del tornillo sinfín para agregar sazónador y velocidad de alimentación de pellet según vibración de tolva de alimentación
- Fritura de pellejo de cerdo: Variaciones en la velocidad del tornillo sin fin para aplicar sazónador conjunto a la velocidad de alimentación de pellet.

Posterior a cada modificación de las condiciones de operación, se realizaron 20 análisis para cuantificar el porcentaje de recubrimiento de las boquitas en las líneas de producción (Metodología C)

## E. IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPO PARA MONITOREO PRÁCTICO DEL PRODUCTO

### 1. Materiales y equipo

- Pellet de maíz
- Sazonadores de fritura de maíz
- Nitrato de plata 0.1 N (cuadro 16)
- Agua desmineralizada
- Balanza Mettler - Toledo (cuadro 15)
- Determinador de sal ATAGO (cuadro 14)

2. Procedimiento: Se implementó un nuevo equipo, Salinómetro Atago, para monitorear el porcentaje de sal del producto dentro de la planta durante el proceso.

Para utilizar el equipo, se realizó la metodología C Cuantificación del recubrimiento de boquitas, utilizando el Salinómetro Atago en lugar del Determinador de sal Mettler – Toledo y las muestras se preparan y analizan como se indica en el anexo 3.

## F. DETERMINACIÓN DE AHORRO

Al finalizar el proyecto, se determinó el porcentaje de recubrimiento de las boquitas en cada línea de producción, por medio de un balance de masa, tomando en cuenta la materia prima utilizada (pellet y sazónador) y la cantidad de producto fabricado promedio, de los meses en que se utilizaron las nuevas condiciones de operación establecidas.

De la misma manera descrita anteriormente, se realizó un balance de masa utilizando la cantidad de materia prima utilizada (pellet y sazónador) y la cantidad de producto fabricado promedio, de los seis meses anteriores a comenzar el proyecto.

Luego se calculó el porcentaje de recubrimiento extra de ambos balances de masa, con base en el porcentaje de recubrimiento estándar de cada boquita (ve cálculo 5)

Por último, se determinó el porcentaje de ahorro que representa el recubrimiento con las nuevas condiciones, relacionado con el recubrimiento antes del proyecto (ver cálculo 6)

## VII.RESULTADOS

Cuadro 5. Recubrimiento establecido como estándar para cada producto evaluado

Producto	Recubrimiento según estándar, m/m (+ 10%)
Fritura de maíz sabor queso	4.75
Fritura de maíz sabor barbacoa	5.50
Fritura de maíz sabor chile	3.54
Fritura de maíz sabor limón	5.00
Fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa	2.72
Fritura de trigo sabor barbacoa	7.00
Fritura de trigo sabor queso	6.00

\*Los valores del cuadro anterior son datos estándar proporcionados en la empresa, indicando que el recubrimiento puede aumentar hasta 10% por encima del estándar

Cuadro 6. Velocidad tornillo sin fin para recubrimiento de fritura de maíz.

Producto	Velocidad de tornillo sin fin (%)
Fritura de maíz sabor queso	35
Fritura de maíz sabor barbacoa	40
Fritura de maíz sabor chile	36
Fritura de maíz sabor limón	40

\*El porcentaje de velocidad del aplicador utilizado es tomando en cuenta la mayor velocidad posible a alcanzar en el dosificador de sazonador, tornillo sin fin ubicado en el cilindro rotatorio para recubrimiento.

Cuadro 7. Condiciones de la línea de producción de pellejo de cerdo sabor barbacoa, para alimentación y recubrimiento de fritura

Alimentación de pellet ( $\pm 1$ kg/h)	Velocidad de tornillo sin fin para alimentación de sazonador ( $\pm 0.1$ rpm)
40	8.5
50	10.2
60	11.8
70	13.0

Cuadro 8. Condiciones de la línea de producción de fritura de trigo, para alimentación de pellet y sazónador para

Sabor	Alimentación de pellet ( $\pm 1$ kg/h)	Velocidad de tornillo sin fin para alimentación de sazónador ( $\pm 0.1$ rpm)	Vibración tolva de alimentación, amplitud (mm)
Fritura de trigo sabor barbacoa		29.4	4
Fritura de trigo sabor queso	40	12.4	3
		18	4

\*Velocidades y vibración fija que se mantiene durante el proceso para la alimentación establecida.

Cuadro 9. Contenido másico de sal establecido para cada producto para análisis de sal con equipo Mettler – Toledo DL-22 indicando cumplimiento según fórmula promedio

Producto	Recubrimiento en producción, m/m ( $\pm 0.01$ %)	Contenido de sal en muestras, m/m ( $\pm 0.01$ %)
Fritura de maíz sabor queso	5.02	2.41 – 2.79
Fritura de maíz sabor barbacoa	5.97	2.29 – 2.79
Fritura de maíz sabor chile	4.24	2.32 – 2.95
Fritura de maíz sabor limón	5.02	1.81 – 2.08
Fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa	3.23	4.95 – 6.07
Fritura de trigo sabor barbacoa	7.03	3.84 – 4.22
Fritura de trigo sabor queso	6.29	4.24 – 5.03

Cuadro 10. Metodología para análisis de fritura de maíz utilizando el salinómetro Atago ES-421

Materiales	Procedimiento
Pellet de maíz Sazonadores de fritura de maíz Licuadora Cuchara Nitrato de plata 0.1 N Agua desmineralizada Balanza Mettler - Toledo Determinador de sal Atago	Moler aproximadamente 20 gramos de muestra a analizar. Pesar $0.5000 \pm 0.005$ gramos en un <i>beaker</i> , agregar 50ml de agua destilada y agitar por 10 segundos. Dejar reposar 1 minutos.  Tomar una pequeña muestra y colocarla en el agujero del equipo para analizarla, dejar reposar por 5 minutos y realizar la medición.

Cuadro 11. Contenido de sal muestras de fritura de maíz utilizando el salinómetro Atago ES-421

Producto	Contenido de sal en muestras, m/m (%)
Fritura de maíz sabor queso	0.11 – 0.14
Fritura de maíz sabor barbacoa	0.12 – 0.14
Fritura de maíz sabor chile	0.11 – 0.12
Fritura de maíz sabor limón	0.12 – 0.14

Cuadro 12. Ahorro total de sazónador debido a modificaciones en condiciones de operación

Producto	Ahorro total (0.02%)
Fritura de maíz sabor queso	39.00
Fritura de maíz sabor barbacoa	51.00
Fritura de maíz sabor chile	19.76
Fritura de maíz sabor limón	47.30
Fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa	24.29
Fritura de trigo sabor barbacoa	6.59
Fritura de trigo sabor queso	22.58

\*Para determinar el ahorro se tomó como base el porcentaje de recubrimiento antes de comenzar y al finalizar el proyecto, comparando los porcentajes de sazónador utilizados para dichos recubrimientos

## VIII.DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente trabajo tuvo como principal objetivo, determinar los rangos de control sensorial y químico para la cuantificación del consumo de sazónadores utilizado en el recubrimiento de boquitas, estableciendo las condiciones de operación de flujo de pellet y sazónador, y cumplir con el recubrimiento establecido como estándar, la calidad de los productos y evitar el exceso de consumo de sazónador. Durante el proyecto se trabajó con tres tipos de boquitas, fritura de maíz, fritura de papa y fritura de pellejo de cerdo, en los distintos sabores que se realiza cada uno de ellos.

Al momento de desarrollar un nuevo producto, se debe establecer el porcentaje másico de recubrimiento, es decir, la cantidad de sazónador que la boquita debe contener para cumplir con las características de sabor deseadas. Estos porcentajes de recubrimiento se muestran en el Cuadro 17 en la sección de datos originales.

Los recubrimientos fueron evaluados usando un análisis sensorial en el que participaron los panelistas entrenados de control de calidad. Como se muestra en el cuadro antes mencionado, el sabor fue aceptable excepto en dos boquitas, fritura de maíz sabor barbacoa y fritura de trigo sabor queso, presentado un sabor muy potenciado. Este sabor potenciado se debe a la sal contenido en el sazónador utilizado para recubrir. No existe una cantidad de sazónador exacta para determinar si la boquita tendrá un sabor aceptable, ya no todos los sazónadores tienen la misma cantidad de sal.

Para los dos productos en los que el recubrimiento según el estándar no era aceptable para los panelistas, se evaluó una muestra de producción y una según el estándar logrando percibir un sabor menor y más aceptable en las muestras de producción. Por esta razón se definió este sabor más bajo para fritura de maíz sabor barbacoa y fritura de trigo sabor queso, como el estándar que cuentan con un porcentaje de recubrimiento que se muestra en los cuadros 39 y 44 respectivamente.

El método general es un método subjetivo, a pesar que los panelistas son entrenados, por lo que es necesario tener un método objetivo y cuantitativo para el análisis de muestras. El método utilizado fue cuantificación de sal en la boquita usando el método de valoración. Para asegurar una metodología funcional, es de gran importancia tomar en cuenta algunos aspectos en cuanto a la sal en una boquita. El pellet cuenta con una cantidad de sal que puede variar por ser un proceso en línea y la homogeneidad del producto dependerá de la cantidad de materia prima y tiempo de mezclado.

La cantidad de sal en los sazónadores debe ser homogénea ya que, de lo contrario, puede afectar los resultados del método implementado para análisis del recubrimiento de boquitas. Para asegurar que la

cantidad de sal no varíe en el sazoador, se debe cuantificar al momento del ingreso de materia prima a la planta junto con análisis de humedad y grasa en todos los sazoadores utilizados, para asegurar la calidad de estos y que conserve sus propiedades.

Se desarrolló una metodología para cuantificar la sal en las boquitas, comenzando por realizar muestras de distinto recubrimiento, incluyendo el estándar, y se obtuvo el porcentaje másico de sal para cada una como se muestra en los cuadros 18 y 24 en la sección de datos originales, utilizando el equipo Mettler - Toledo DL-22. Como se mencionó anteriormente, el porcentaje másico de sal en el pellet puede variar y es por ello que se determina el porcentaje de sal promedio en el pellet sin sabor. Este porcentaje de sal en el pellet sin sabor es restado del porcentaje de sal obtenido en las siguientes muestras recubiertas, obteniendo los porcentajes másicos de sal por recubrimiento como se muestra en los cuadros 38 y 44. Estos datos fueron graficados para obtener una curva de calibración y una ecuación que define el comportamiento, para observar la tendencia según el aumento de recubrimiento. Las gráficas obtenidas mostraron la relación de porcentaje másico de recubrimiento vs porcentaje másico de sal por recubrimiento con una tendencia lineal comprobada por el coeficiente de determinación de cada una de ellas, esperando un valor cercano a 1. El coeficiente para todas las curvas obtenidas de cada boquita, mostró como resultado un valor cercano a 1, por lo que se asegura que la tendencia es lineal. Las gráficas se muestran en el apartado de datos calculados, en las gráficas No. 1 – 7, a partir de las cuales se obtuvo la ecuación de la recta respectiva a cada gráfica. Las ecuaciones de la recta se muestran en el Cuadro 45 en la sección de datos calculados.

Estas ecuaciones fueron utilizadas para analizar las muestras de producción, utilizando interpolación del porcentaje másico de sal por recubrimiento y analizar si cumplen con el estándar de recubrimiento establecido; para las muestras obtenidas de las líneas de producción que no cumplieron con el estándar, se modificaron las condiciones de operación según la automatización del proceso y la desviación en el recubrimiento con base en el estándar.

La línea de producción de fritura de maíz se encuentra automatizada de manera que al modificar la alimentación de pellet para freír (kg/h), se modifica la cantidad de sazoador que se agrega para cumplir con un mismo recubrimiento, debido a que el cambio en el flujo de sazoador se realiza de forma lineal con respecto al flujo de pellet de maíz. El sazoador es agregado por medio de un tornillo sin fin, dentro de un mezclador de cilindro giratorio para el recubrimiento del pellet y cuenta con regulador de velocidad que se ajusta dependiendo de la cantidad de pellet alimentado al mismo. Debido a ello, el porcentaje másico de sazoador en el recubrimiento depende únicamente del porcentaje de velocidad establecido para el tornillo sin fin, que variará automáticamente al variar la cantidad de pellet

La fritura de maíz sabor queso, contaba con una alimentación de sazónador del 45% de su capacidad máxima teniendo un recubrimiento promedio de  $8.06 \pm 0.00082\%$  (m/m), con un porcentaje másico de sal por recubrimiento promedio de  $1.70 \pm 0.01\%$ , es decir, porcentaje másico de sal debido al recubrimiento.

Debido a que el recubrimiento estándar de fritura de maíz sabor queso es  $4.75 \pm 10\%$  (Cuadro 5), fue necesario realizar cambios gradualmente, asegurando que el producto fuera aceptado por los consumidores. Las condiciones de operación se modificaron a una velocidad de alimentación de sazónador de 35% de la capacidad máxima logrando un recubrimiento de pellet de  $5.02 \pm 0.00076\%$  (m/m). Como se puede observar, el recubrimiento no tiene un cambio constante al modificar las condiciones de operación, teniendo un menor cambio a menores velocidades de alimentación de sazónador. El recubrimiento obtenido para las condiciones de operación de 35% de su capacidad máxima es aceptado a pesar de estar por encima de fórmula debido a que pueden existir pérdidas de recubrimiento desde el mezclador de cilindro giratorio hasta la estación de empaque (Cuadro 46).

En cuanto a fritura de maíz sabor barbacoa, se operaba a una velocidad de alimentación de sazónador de 40% con un recubrimiento promedio de  $6.01 \pm 0.0031\%$  (m/m), indicando un producto con un contenido por debajo del estándar como se mencionó anteriormente, mientras que para fritura de maíz sabor chile se operaba a una velocidad de 36% con un recubrimiento de  $4.24 \pm 0.0060\%$  (m/m). Ambos productos contaban con un recubrimiento distinto al estándar, pero es una cantidad de sazónador aceptable por los panelistas entrenados, por lo que únicamente se estableció los parámetros de flujo de sazónador, asegurando que no fueran modificadas posteriormente (cuadros 47 y 48).

Por último, se evaluó fritura de maíz sabor limón, que operaba a una velocidad de 36% con un producto recubierto por  $4.36 \pm 0.0017\%$  (m/m), obteniendo un sabor por debajo del estándar (Cuadro 5) Las condiciones de operaciones fueron modificadas a 40% de la velocidad máxima obteniendo un producto con recubrimiento de  $5.02 \pm 0.0020\%$  (m/m) (Cuadro 49).

Los cambios realizados en la línea de producción de fritura sabor maíz, se muestran en los cuadros 25 al 28 en la sección de datos originales. En los cuadros se puede observar los cambios realizados durante el tiempo de prueba, observando que para algunos productos como fritura de maíz sabor queso, las modificaciones fueron mayores por ser el más alejado al estándar.

Como se puede observar en los distintos productos, la velocidad del tornillo sin fin para el recubrimiento de pellet de maíz, depende de la fórmula estándar y las características de cada sazónador, ya que, el recubrimiento de frituras no es proporcional a la velocidad del tornillo sin fin que transporta el sazónador (cuadros 5 y 6). Debido a lo anterior, al realizar un producto de fritura de maíz de un nuevo sabor, se debe

utilizar la metodología antes mencionada, desde la curva de calibración hasta la variación de las condiciones de operación.

Para la producción de pellejo de cerdo frito sabor barbacoa, se debe tomar en cuenta que el equipo no se encuentra automatizado por lo que fue necesario establecer las velocidades de alimentación de pellet a las que se opera generalmente para poder determinar la velocidad de alimentación de sazónador. El sazónador es agregado con un tornillo sin fin, al igual que para fritura de maíz. Al inicio se observó que las condiciones de operación eran muy variadas debido a que no se tenían datos establecidos. Con la toma de muestras a distintas velocidades de alimentación de pellet y sazónador, se logró determinar las condiciones de operación con análisis de porcentaje másico de sal, como se muestran en el Cuadro 7 en la sección de resultados. En este producto cabe resaltar que el porcentaje másico de sal es muy variado, por lo que una muestra de pellet frito sin sabor podía presentar un porcentaje de sal igual al de una muestra de pellet frito recubierto. Esta variación se debe al uso de una mezcla de dos pellets para lograr cumplir con el volumen y peso establecido para el producto final; esto se muestra en el Cuadro 29 donde se observa que los porcentajes de sal para las muestras con sabor son variados a pesar de cumplir con el porcentaje de recubrimiento de sal establecido.

Al igual que en la producción de pellejo de cerdo frito, en la producción de fritura de trigo no se cuenta con un proceso automatizado por lo que se debían tomar tres variables para establecer las condiciones de operación: alimentación de pellet, vibración de tolva para alimentación y velocidad de alimentación de sazónador. Para facilitar el proceso, se propuso mantener la alimentación de pellet fija ya que es la variable que menos afecta en el proceso. La alimentación del pellet se refiere a la velocidad con que se mueve el transportador de cangilones, desde la tolva de alimentación hacia el freidor. Posteriormente, se determinó la vibración de la tolva de alimentación, tomando en cuenta que, a mayor vibración, se logra una mayor alimentación de pellet en el transportador, por lo que se establecieron las vibraciones a las que se opera y la alimentación del sazónador. Por medio del ajuste del tornillo sin fin de alimentación. Con las pruebas realizadas, variando la vibración de la tolva y la alimentación de sazónador, se determinaron las condiciones de operación de flujo de pellet y sazónador, que dan un producto con recubrimiento muy similar al estándar, tomando en cuenta una aceptación del 10% de sazónador extra. Las condiciones de la línea de producción de frituras de trigo se muestran en el Cuadro 8 de la sección de resultados. El procedimiento fue el mismo para sabor barbacoa y queso. Como se mencionó anteriormente, las condiciones de operación dependen del porcentaje de recubrimiento y del sazónador ya que a pesar que estos productos cuentan con un porcentaje de recubrimiento similar, las condiciones de operación son muy variadas, debido a la variación en la cantidad de sal en el pellet.

El porcentaje másico de recubrimiento para cada producto se muestra en el Cuadro 5 de la sección de resultados. Como se puede observar, existe incertidumbre en el porcentaje másico de recubrimiento de las boquitas, que fue brindado por la empresa, el cual fue determinado por el departamento responsable, al

momento de crear la formulación de los productos evaluados. Posteriormente se puede observar las condiciones de operación determinadas como se mencionó anteriormente, para cada producto, indicadas en los cuadros 6 al 8.

Es de gran importancia contar con un rango de aceptación en el análisis de porcentaje másico de sal ya que éste varía debido a que el producto puede no estar recubierto uniformemente. Esta variación puede cambiar en magnitud dependiendo de la temperatura del pellet frito y la superficie de contacto del pellet dentro del cilindro rotatorio al momento de recubrirlo con sazónador. Debido a que la temperatura del pellet en el proceso de recubrimiento depende de la temperatura de fritura, no puede ser modificada ya que afectaría las características establecidas para el producto. Por otro lado, la superficie de contacto en el cilindro conlleva un cambio en el equipo de la línea de producción, lo cual no es una modificación contemplada dentro del presente proyecto, pero se le notificó a la empresa responsable acerca de esta variable.

Tomando en cuenta las variaciones de sal que pueden existir en el producto final, se establecieron por pruebas realizadas, posteriores a la determinación de las condiciones de operación de flujo de pellet y flujo de sazónador. Se realizaron alrededor de 20 pruebas, tomadas cada dos horas, con el fin de monitorear el producto y al mismo tiempo poder terminar el rango de porcentaje másico que cumple con el porcentaje másico de recubrimiento. Los resultados se muestran en la sección de resultados, en el Cuadro 9. Las desviaciones pueden ser disminuidas obteniendo una muestra de producto significativa, tomando al menos veinte gramos de muestra para el análisis con un gramo de muestra.

El equipo Mettler – Toledo DL22 tiene la desventaja de no contar con un método de análisis práctico, debido a los reactivos que utiliza y el tiempo necesario para realizarlos, por lo que no viable su uso frecuente durante la producción. El tiempo aproximado para realizar un análisis es de 10 minutos, tomando en cuenta la toma de muestra, preparación y respuesta del equipo. Es por ello que se implementó un equipo más práctico y que fuera posible utilizarlo dentro de la planta de producción, con un tiempo de análisis de aproximadamente 5 minutos y utilizando únicamente agua. El equipo ATAGO ES-421 fue el implementado, desarrollando una metodología y capacitación del personal de planta encargado de realizar los análisis. Con este equipo, el personal responsable ocupará la mitad del tiempo en realizar un análisis por lo que determinar la calidad de los productos por este método es más eficiente.

El equipo se implementó para fritura de maíz como prueba, siendo este el de mayor producción. El equipo fue utilizado según la metodología descrita en el inciso 13.1.3 de la sección de apéndice. Esta metodología se obtuvo luego de varias pruebas con distintas proporciones de agua y fritura molida, asegurando que fuera sensible para la variación de sal. Los porcentajes másicos de sal se muestran en el Cuadro 11 del apartado de resultados. Como se puede observar, la variación de sal en las muestras es mucho menor con este equipo que con el equipo Mettler – Toledo ya que su sensibilidad es menor y es por ello que este equipo se propone

como método de control y no sustituto. Algunas ventajas del equipo es que no utiliza reactivos, ya que únicamente se requiere de una solución del producto a evaluar. Además, se tiene un tiempo de análisis mucho al requerido para el equipo Mettler – Toledo, siendo de un minuto y cinco minutos respectivamente. Evaluando el tiempo requerido para el análisis con cada equipo, y tomando en cuenta que los análisis se realizan cada dos horas, siendo doce en un día, se tiene un ahorro de horas hombre de 48 minutos al día.

Uno de los principales objetivos del proyecto, era aumentar la efectividad en el consumo de sazónador en la producción de boquitas. Para ello se utilizó como referencia, el porcentaje másico de recubrimiento en exceso obtenido en los últimos seis meses de producción antes de comenzar el proyecto. A partir de ellos se obtuvo el porcentaje de ahorro durante el proyecto, usando un balance de masa, mostrando el ahorro final que se tuvo con las nuevas condiciones de operación. El ahorro final se muestra en el Cuadro 12 de la sección de resultados.

Una de las principales modificaciones que debería realizarse, es la automatización de las líneas de pellejo de cerdo frito y fritura de trigo, para lograr obtener una única variable a controlar como se hace en fritura de maíz.

A pesar de contar con los análisis químicos mencionados anteriormente, se debe realizar un análisis sensorial como monitoreo que se debe realizar con panelistas entrenados, que puedan determinar cualquier cambio que no puede ser determinado por los análisis de sal.

## IX. CONCLUSIONES

Se evaluó el recubrimiento definido como estándar de los productos involucrados en el proyecto, usando un panel sensorial, el cual fue verificado por el departamento de investigación y desarrollo, según el procedimiento y estándares utilizados en la empresa. Los porcentajes máxicos de recubrimiento de fritura de maíz sabor barbacoa y fritura de trigo sabor queso fueron modificados, siendo los nuevos recubrimientos de 5.5 y  $6.0 \pm 10\%$  m/m

Las condiciones de operación de flujo de sazónador para fritura de maíz, fueron establecidas para cada sabor indicando el porcentaje de velocidad respecto a la velocidad máxima de operación del tornillo sin fin dosificador, siendo estas 35%, 40%, 36% y 40% para sabor queso, barbacoa, chile y limón respectivamente.

Las condiciones de operación para la adición de sazónador en pellejo frito de cerdo fueron evaluadas a distintas cantidades de alimentación de pellet, obteniendo las condiciones a las que se cuenta con un producto recubierto según fórmula, 2.72% ( $\pm 10\%$  m/m). Para pellejo de cerdo se utilizó alimentación de 40, 50, 60, 70 kg/h con velocidad de tornillo sin fin de alimentación de 8.5, 10.2, 11.8 y 13.0 rpm respectivamente y se utilizarán como le convenga a la empresa según la demanda de producto.

Se determinó las condiciones de operación de fritura de trigo sabor barbacoa y queso para cumplir con el porcentaje máxico de recubrimiento de 7.0 y 6.5%, respectivamente con un flujo de 40kg/h. Para sabor barbacoa se determinó una amplitud en la vibración de tolva de alimentación de pellet de 4mm y velocidad de tornillo sin fin para alimentación de sazónador de 29.4 rpm. Para sabor queso se determinó una amplitud de vibración de la tolva de 3 y 4 mm para una velocidad de tornillo sin fin para alimentación de sazónador de 12.4 y 18.0 rpm respectivamente, según las condiciones de la línea de producción que pueden modificarse.

Se determinó un ahorro significativo de sazónador en cada producto evaluado, siendo fritura de maíz sabor barbacoa el que representó un ahorro mayor y fritura de trigo sabor barbacoa el de menor ahorro siendo el ahorro de 6.59% y 51.00% respectivamente. El ahorro para fritura de maíz sabor queso, chile y limón fue 39.00%, 19.76% y 47.30% respectivamente. Para fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa fue de 24.29% y para fritura de trigo sabor queso de 22.58%.

Los porcentajes de sal (m/m) se establecieron como método de monitoreo del producto, asegurando el cumplimiento de recubrimiento y se implementó un salinómetro marca ATAGO que cuenta con una metodología de mayor facilidad para el análisis, con una disminución en el tiempo de análisis de 48 minutos por día.

## X. RECOMENDACIONES

Al momento de realizar modificaciones en las condiciones de operación evaluadas en el proyecto, debido al incumplimiento de los resultados especificados en este proyecto, utilizar el procedimiento indicado en metodología, para asegurar que las modificaciones son necesarias.

Realizar análisis de caracterización a los distintos panelistas para que conozcan los nuevos sabores establecidas y se tenga el método sensorial como parte de la determinación de cumplimiento de características del producto final.

Realizar constantes capacitaciones a los operadores y personal de calidad, para que puedan utilizar el salinómetro ATAGO y realizar el análisis de producto en todo momento.

Verificar el porcentaje de consumo mensual de sazónador y compararlo con el uso requerido según fórmula, por medio de un balance de masa, para asegurar que la dosificación en la preparación de sazónadores sea la correcta.

Implementar metodología establecida en este proyecto para el desarrollo de productos nuevos, para asegurar especificación en producto terminado.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. México: Pearson education.

Edmund, W. (2006). *Química de los alimentos*. México: Pearson education.

Heath, H. (2001). *Snack food processing*. Estados Unidos: CSR press.

Heldman, D., & Hartel, R. (1997). *Principles of food processing*. Estados Unidos: Ruth bloom.

Hispavista. (20 de octubre de 2014). *Control de calidad de los alimentos*. Obtenido de Control de Alimentos : <http://controldealimentos.galeon.com/contenido.html>

Hubbard, M. (1996). *Statistical quality control for the food industry*. Estados Unidos: Chapman & Hall.

Matz, S. (1984). *Snack food technology*. Estados Unidos: Avi.

Ratanatriwong, P., Barringer, S., & Delwiche, J. (2003). *Sensory preference, coating evenness, dustiness and transfer efficiency of electrostatically coated potato chips*. Estados Unidos: Journal of food science.

Reyes, C., & Barringer, S. (2005). *Evenness of seasoning measured by image analysis, colorimetry and sensory evaluation*. Estados Unidos: The Ohio State University.

Skoog, D. (2007). *Fundamentos de química analítica*.

## XII. ANEXOS

### A. PROCEDIMIENTO

#### 1. Curva de Calibración boquitas

##### a. Materiales:

- Licuadora
- Balanza
- Cuchara
- Equipo Mettler – Toledo DL22
- Agua desmineralizada

##### b. Procedimiento

- Tomando en cuenta el porcentaje de recubrimiento que cada *boquita* debe tener, se realizan 5 muestras con distinto porcentaje de recubrimiento. Se propone realizar dos por debajo de estándar, dos por encima y una con porcentaje de recubrimiento estándar. Los porcentajes de recubrimiento se realizan con porcentaje masa/masa haciendo muestras de 100 gramos cada una.
- Cada muestra es analizada utilizando el determinador de sal Mettler – Toledo y el salinómetro ATAGO obteniendo una curva porcentaje de recubrimiento – porcentaje de sal.
- Con la curva y los datos obtenidos se puede encontrar ecuación de la recta para poder obtener el porcentaje de recubrimiento de muestras futuras.

#### 2. Determinación de sal utilizando equipo Mettler – Toledo

##### a. Materiales:

- Licuadora
- Balanza analítica
- Cuchara
- Equipo Mettler – Toledo DL22
- Agua desmineralizada

##### b. Procedimiento

- Moler aproximadamente 20 gramos de muestra a analizar.
- Pesar  $1.0000 \pm 0.0050$  gramo de muestra en el recipiente plástico que el equipo utiliza
- Agregar 40ml de agua destilada, obteniendo el porcentaje de sal en la muestra.
- Utilizando la ecuación de la recta de la boquita analizado, obtener el porcentaje de recubrimiento de la muestra analizada.

### 3. Determinación de sal con salinómetro ATAGO

#### a. Materiales

- Licuadora
- Balanza analítica
- Cuchara
- Salinómetro ATAGO
- Agua desmineralizada

#### b. Procedimiento

- Moler aproximadamente 20 gramos de muestra a analizar.
- Pesar  $0.5000 \pm 0.005$  gramos en un beaker
- Agregar 50ml de agua destilada.
- Agitar por 10 segundos
- Dejar reposar 1 minutos.
- Tomar una pequeña muestra y colocarla en el agujero del equipo para analizarla,
- Dejar reposar por 5 minutos
- Realizar la medición.

## G. EQUIPOS Y REACTIVOS

Cuadro 13. Determinador de sal

Característica	Descripción
Marca	Mettler – Toledo
Modelo	DL-22
Método de Análisis	Valoración
Tipo de Productos a analizar	Alimentos y bebidas
Rango de Voltaje	200mV
Incertidumbre Voltaje	$\pm 0.1\text{mV}$
Incertidumbre % sal	$\pm 0.01$

Cuadro 14. Salinómetro

Característica	Descripción
Marca	ATAGO
Modelo	ES-421
Método de análisis	Conductimetría
Rango de operación (% sal)	0 – 10.0
Incertidumbre	$\pm 0.01\%$

Cuadro15. Balanza analítica

Característica	Descripción
Marca	Mettler – Toledo
Modelo	AB204-S
Rango	10mg - 220g
Incertidumbre	±0.0001g

Cuadro16. Nitrato de plata

Característica	Descripción
Fórmula Química	AgNO <sub>3</sub>
Peso molecular	169.87 g/mol
Uso	Detección de cloruros en soluciones
Estado físico	Sólido
Solubilidad	245 g/ 100 g de agua
Almacenamiento	Proteger de la luz, calor y humedad
Protección personal	Utilizar guantes, gafas de laboratorio y mascarilla
Riesgos	Quemaduras de piel, irritación de vías respiratorias, piel y ojos.
Primeros Auxilios	Lavar los ojos y piel con abundante agua, inducir vómito en caso de ingestión
Indicador de riesgo	Corrosivo, peligroso para el medio ambiente. Peligro para la salud: 2; Peligro de inflamabilidad: 0; peligro de reactividad: 2- Oxidante

## H. DATOS ORIGINALES

### 1. Análisis Sensorial

Cuadro 17. Aceptación de producto con recubrimiento según estándar

Producto	Recubrimiento fórmula, m/m (%)	Evaluación
Fritura de maíz sabor queso	4.75	Aceptable
Fritura de maíz sabor barbacoa	8.00	Sabor muy potenciado
Fritura de maíz sabor chile	3.54	Aceptable
Fritura de maíz sabor limón	5.00	Aceptable
Fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa	2.72	Aceptable
Fritura de trigo sabor barbacoa	7.00	Aceptable
Fritura de trigo sabor queso	7.00	Sabor muy potenciado

2. Equipo Mettler Toledo DL-22  
a. Calibración del Equipo

Cuadro 18. Contenido de sal en distintas muestras de fritura de maíz sabor queso

Identificación de muestra	Recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Contenido de sal en muestra, m/m ( $\pm 0.01\%$ )
A (sin sabor)	0.00	1.57
B (estándar)	4.75	2.58
C	5.50	2.72
D	6.00	2.80
E	7.00	3.06
F	10.00	3.70

Cuadro 19. Contenido de sal en distintas muestras de fritura de maíz sabor barbacoa

Identificación de muestra	Recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Contenido de sal en muestra, m/m ( $\pm 0.01\%$ )
A (sin sabor)	0.00	1.61
B	5.00	2.48
C	6.00	2.74
D	7.00	2.88
E (estándar)	8.58	3.21
F	9.00	3.22

Cuadro 20. Contenido de sal en distintas muestras de fritura de maíz sabor chile

Identificación de muestra	Recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Contenido de sal en muestra, m/m ( $\pm 0.01\%$ )
A (sin sabor)	0.00	1.80
B (estándar)	3.54	2.30
C	4.50	2.38
D	5.00	2.45
E	6.00	2.67

Cuadro 21. Contenido de sal en distintas muestras de fritura de maíz sabor limón

Identificación de Muestra	Recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Contenido de sal en muestra, m/m ( $\pm 0.01\%$ )
A (sin sabor)	0.00	1.59
B	4.00	2.45
C	6.00	2.80
D (estándar)	5.00	2.62
E	7.00	3.19
F	8.00	3.30
G	9.00	3.59

Cuadro 22. Contenido de sal en distintas de fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa

Identificación de muestra	Recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Contenido de sal en muestra, m/m ( $\pm 0.01\%$ )
A (sin sabor)	0.00	0.00
B (estándar)	2.72	0.62
C	3.50	0.94
D	4.50	1.17
E	5.50	1.52
F	6.50	1.76
G	8.00	2.00

Cuadro 23. Contenido de sal en distintas de fritura de trigo sabor queso

Identificación de muestra	Recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Contenido de sal en muestra, m/m (0.01%)
A (sin sabor)	0.00	2.28
B	5.00	4.15
C (estándar)	7.08	4.71
D	9.00	5.23
E	12.00	5.82

Cuadro 24. Contenido de sal en distintas de fritura de trigo sabor barbacoa

Identificación de muestra	Recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Contenido de sal en muestra, m/m ( $\pm 0.01\%$ )
A (sin sabor)	0.00	2.43
B (estándar)	7.08	3.77
C	6.50	3.70
D	8.00	4.08
E	9.00	4.19

## b. Modificación en las condiciones de operación

Cuadro 25. Contenido de sal en muestras de fritura de maíz sabor queso en línea a distintas condiciones de operación

Identificación de muestra	Contenido de sal en muestra, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Velocidad de tornillo sin fin (%)
Sin sabor	1.48	45
Con sabor	3.18	
Sin sabor	1.61	38
Con sabor	2.94	
Sin sabor	1.36	36
Con sabor	2.33	
Sin sabor	1.59	35
Con sabor	2.65	

\*Las condiciones de operación en frituras de maíz muestran el porcentaje de velocidad del aplicador utilizado en base a su mayor capacidad

Cuadro 26. Contenido de sal en muestras de fritura de maíz sabor barbacoa en línea a distintas condiciones de operación

Identificación de muestra	Contenido de sal en muestra, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Velocidad de tornillo sin fin (%)
Sin sabor	1.47%	40%
Con sabor	2.56%	

\*Las condiciones de operación en frituras de maíz muestran el porcentaje de velocidad del aplicador utilizado en base a su mayor capacidad

Cuadro 27. Contenido de sal en muestras de fritura de maíz sabor chile en línea a distintas condiciones de operación

Identificación de Muestra	Contenido de sal en muestra, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Velocidad de tornillo sin fin (%)
Sin sabor	1.45	36
Con sabor	2.05	

\*Las condiciones de operación en frituras de maíz muestran el porcentaje de velocidad del aplicador utilizado en base a su mayor capacidad

Cuadro 28. Contenido de sal en muestras de fritura de maíz sabor limón en línea a distintas condiciones de operación

Identificación de Muestra	Contenido de sal en muestra, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Velocidad de tornillo sin fin (%)
Sin sabor	1.51	40
Con sabor	2.59	

\*Las condiciones de operación en frituras de maíz muestran el porcentaje de velocidad del aplicador utilizado en base a su mayor capacidad

Cuadro 29. Contenido de sal en muestras de fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa en línea a distintas condiciones de operación

Identificación de muestra	Contenido de sal en muestra, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Alimentación de pellet ( $\pm 1$ Kg/h)	Velocidad de tornillo sin fin para alimentación de sazonador ( $\pm 0.1$ rpm)
Sin sabor	4.18	40	8.5
Con sabor	5.07		
Sin sabor	4.35	50	10.2
Con sabor	5.18		
Sin sabor	4.67	60	11.8
Con sabor	5.44		
Sin sabor	4.41	70	13.0
Con sabor	5.27		

Cuadro 30. Porcentaje de sal en muestras de fritura de trigo sabor barbacoa en línea a distintas condiciones de operación

Muestra	Contenido de sal en muestra m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Alimentación de Pellet ( $\pm 1$ Kg/h)	Velocidad de tornillo sin fin para Alimentación de Sazonador ( $\pm 0.1$ rpm)	Vibración Tolva de alimentación, amplitud (mm)
Sin sabor	2.47%	40	29.4	4
Con sabor	3.85%			

Cuadro 31. Porcentaje de sal en muestras de fritura de trigo sabor queso en línea a distintas condiciones de operación

Muestra	Contenido de sal en muestra m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Alimentación de Pellet ( $\pm 1$ Kg/h)	Velocidad de tornillo sin fin para Alimentación de Sazonador ( $\pm 0.1$ rpm)	Vibración Tolva de alimentación, amplitud (mm)
Sin sabor	2.58%	40	25.0	3
Con sabor	4.65%			
Sin sabor	2.41%	40	35.0	4
Con sabor	4.23%			

2. Equipo ATAGO ES-421. El equipo fue implementado únicamente para fritura de maíz

Cuadro 32. Curva de calibración salinómetro

Contenido de sal teórico, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Contenido de sal salinómetro, m/m ( $\pm 0.01\%$ )
0.00	0.00
1.00	0.97
3.00	2.86
5.00	4.80
7.00	6.60
10.00	9.30

Cuadro 33. Comparación de contenido de sal utilizando equipo Mettler – Toledo y salinómetro Atago

Recubrimiento m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Contenido de sal Mettler – Toledo, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Contenido de sal ATAGO, m/m ( $\pm 0.01\%$ )
4.00	2.54	0.13
4.75	2.60	0.13
5.10	2.70	0.14
5.80	2.86	0.15

Cuadro 34. Contenido de sal con salinómetro Atago para los rangos de recubrimiento establecidos aceptables

Producto	Recubrimiento		Contenido de sal	
	Mínimo ( $\pm 0.01\%$ m/m)	Máximo ( $\pm 0.01\%$ m/m)	Mínimo ( $\pm 0.01\%$ m/m)	Máximo ( $\pm 0.01\%$ m/m)
Fritura de maíz sabor queso	4.75	5.10	0.11	0.14
Fritura de maíz sabor barbacoa	6.00	6.70	0.12	0.14
Fritura de maíz sabor chile	3.54	4.20	0.11	0.12
Fritura de maíz sabor limón	5.00	5.50	0.12	0.14

3. Recubrimiento según estándar inicial y consumos de sazónador

\*Datos teóricos brindados

Cuadro 35. Recubrimiento de cada boquita según estándar

Producto	Recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )
Fritura de maíz sabor queso	4.75
Fritura de maíz sabor barbacoa	8.00
Fritura de maíz sabor chile	3.54
Fritura de maíz sabor limón	5.00
Fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa	2.72
Fritura de trigo sabor barbacoa	7.08
Fritura de trigo sabor queso	7.08

Cuadro 36. Consumo promedio de sazónadores de los últimos seis meses (antes de realizar modificaciones) para cada producto

Producto	Consumo de sazónador, m/m (±0.01%)
Fritura de maíz saborqueso	172.50
Fritura de maíz saborbarbacoa	150.00
Fritura de maíz saborchile	149.56
Fritura de maíz saborlimón	189.76
Fritura de pellejo de cerdo saborbarbacoa	157.59
Fritura de trigo saborbarbacoa	107.00
Fritura de trigo saborqueso	112.37

## I. CÁLCULOS DE MUESTRAS

### 1. Ecuación de la recta para curva de calibración

\*Los siguientes cálculos son en base a fritura de maíz saborqueso, el mismo procedimiento se realizó para todos los productos, sabores y muestras obtenidas

Cálculo 1. Determinación de sal en pellet sazonado, debido a sazonador

$$\% \text{ sal por recubrimiento} = \% \text{ sal en muestra} - \% \text{ sal pellet}$$

$$\% \text{ sal por recubrimiento} = 1.57 \pm 0.01\% - 2.65 \pm 0.01\%$$

$$\% \text{ sal por recubrimiento} = 1.01 \pm 0.01\%$$

Cálculo 2. Determinación de la pendiente de la recta

$$m = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

Donde:

m: pendiente de la recta

$\Delta Y$ : diferencia en % de sal por recubrimiento mayor y menor (%)

$\Delta X$ : diferencia en % de recubrimiento mayor y menor (%)

$$m = \frac{2.13 \pm 0.01\% - 0.00 \pm 0.01\%}{4.75 \pm 0.01\% - 0.00 \pm 0.01\%} = 21.25 \times 10^{-2} \pm 0.001$$

Cálculo 3. Determinación del intercepto con el eje

$$Y = mX + b$$

$$b = Y - mX$$

Donde:

Y: valor promedio de % de sal por recubrimiento (Cálculo 1)

X: valor promedio de % de recubrimiento

m: pendiente de la recta (Cálculo 2)

$$b = (1.17 \pm 0.01\%) - (0.213 \pm 0.001\%)(5.54 \pm 0.01\%)$$

$$b = 1.00 \times 10^{-4} \pm 0.0001$$

$$Y = (21.25 \times 10^{-2})x + 1.00 \times 10^{-4}$$

## 2. Determinación del porcentaje de recubrimiento en muestras obtenidas en producción

Cálculo 4. Recubrimiento en muestra de pellet de maíz frito sabor queso para condiciones de operación 40%

$$Y = (21.25 \times 10^{-2})x + 1.00 \times 10^{-4}$$

Donde

Y: % de sal por recubrimiento en muestra ( $1.65 \pm 0.01\%$ ) \*Obtenido con el equipo mettler – Toledo DL-22\*

x: % de recubrimiento en muestra

$$x = \frac{(1.65 \pm 0.01\%) - (1 \times 10^{-4} \pm 0.0001)}{21.25 \times 10^{-2} \pm 0.001}$$

$$x = 7.81 \pm 0.0007\%$$

Cálculo 5. Porcentaje de sazón utilizado con base en estándar

$$\% \text{ recubrimiento fuera de fórmula} = \frac{\% \text{ recubrimiento producción}}{\% \text{ recubrimiento fórmula}}$$

$$\% \text{ recubrimiento fuera de fórmula} = \frac{7.81 \pm 0.0007\%}{4.75\%}$$

$$\% \text{ recubrimiento fuera de fórmula} = 164.42 \pm 0.0007\%$$

### 3. Ahorro

Cálculo No. 6. Ahorro en producción debido a modificación en condiciones de operación

$$\text{Ahorro} = 1 - \frac{\% \text{ recubrimiento actual}}{\% \text{ recubrimiento antes de proyecto}}$$

$$\text{Ahorro} = 1 - \left( \frac{131.50\%}{172.50\%} \right)$$

$$\text{Ahorro} = 23.76\%$$

## J. DATOS CALCULADOS

### 1. Análisis Sensorial

Cuadro 37. Recubrimiento propuesto

Producto	Recubrimiento estándar, m/m (0.01%)
Fritura de maíz sabor queso	4.75
Fritura de maíz sabor barbacoa	5.50
Fritura de maíz sabor chile	3.54
Fritura de maíz sabor limón	5.00
Fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa	2.72
Fritura de trigo sabor barbacoa	7.00
Fritura de trigo sabor queso	6.00

### 2. Equipo Mettler Toledo

#### a. Calibración del equipo

Cuadro 38. Contenido de sal por recubrimiento en muestras fritura de maíz sabor queso

Recubrimiento, m/m (±0.01%)	Contenido de sal por recubrimiento, m/m (±0.01%)
0.00	0.00
4.75	1.01
5.50	1.15
6.00	1.23
7.00	1.49
10.00	2.13

Cuadro 39. Contenido de sal por recubrimiento en muestras fritura de maíz sabor barbacoa

Recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Contenido de sal por recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )
0.00	0.00
5.00	0.87
6.00	1.13
7.00	1.27
8.58	1.60

Cuadro 40. Contenido de sal por recubrimiento en muestras fritura de maíz sabor chile

Recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Contenido de sal por recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )
0.00	0.00
3.54	0.50
4.50	0.58
5.00	0.65
6.00	0.87

Cuadro 41. Contenido de sal por recubrimiento en muestras fritura de maíz sabor limón

Recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Contenido de sal por recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )
0.00	0.00
4.00	0.86
5.00	1.03
6.00	1.21
7.00	1.60
8.00	1.71
9.00	2.00

Cuadro 42. Contenido de sal por recubrimiento en muestras de fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa

Recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Contenido de sal por recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )
0.00	0.00
2.72	0.62
3.50	0.94
4.50	1.17
5.50	1.52
6.50	1.76
8.00	2.00

Cuadro 43. Contenido de sal por recubrimiento en muestras de fritura de trigo sabor barbacoa

Recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Contenido de sal por recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )
0.00	0.00
6.50	1.18
7.08	1.35
8.00	1.65
9.00	1.80

Cuadro 44. Contenido de sal por recubrimiento en muestras de fritura de trigo sabor queso

Recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Contenido de sal por recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )
0.00	0.00
7.08	2.43
5.00	1.87
9.00	2.95
12.00	3.54

Figura 3. Curva de calibración pellet frito de maíz sabor queso

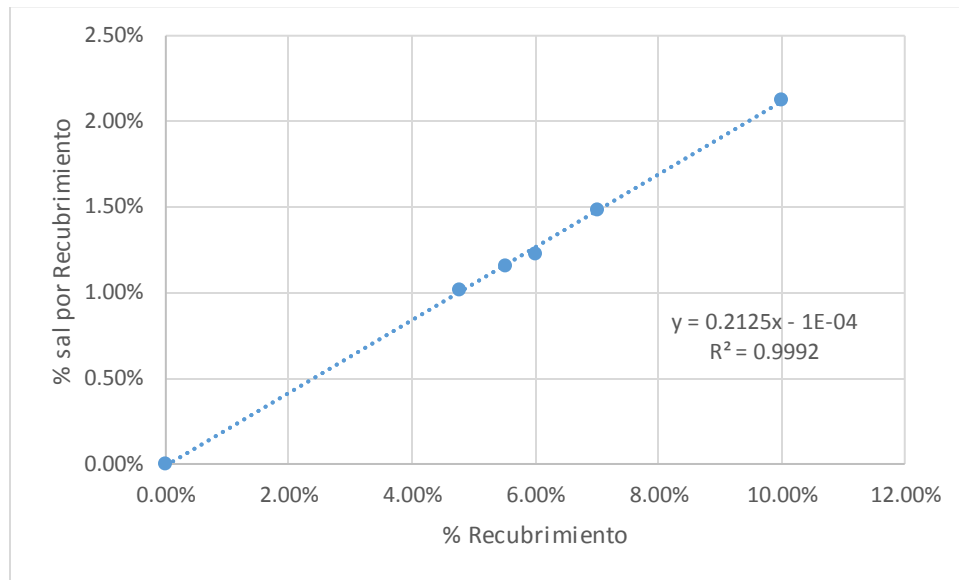


Figura 4. Curva de calibración pellet frito de maíz sabor barbacoa

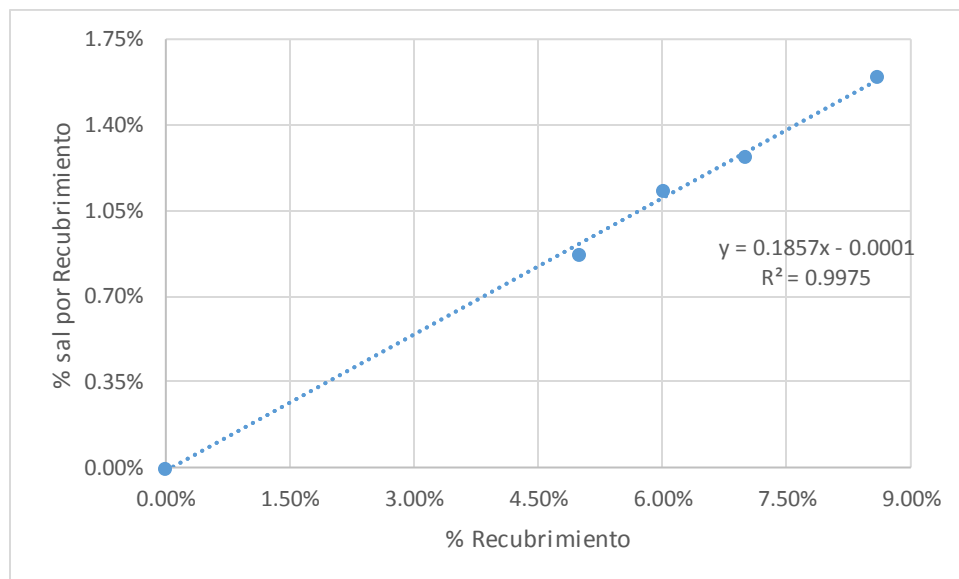


Figura 5. Curva de calibración pellet frito de maíz sabor chile

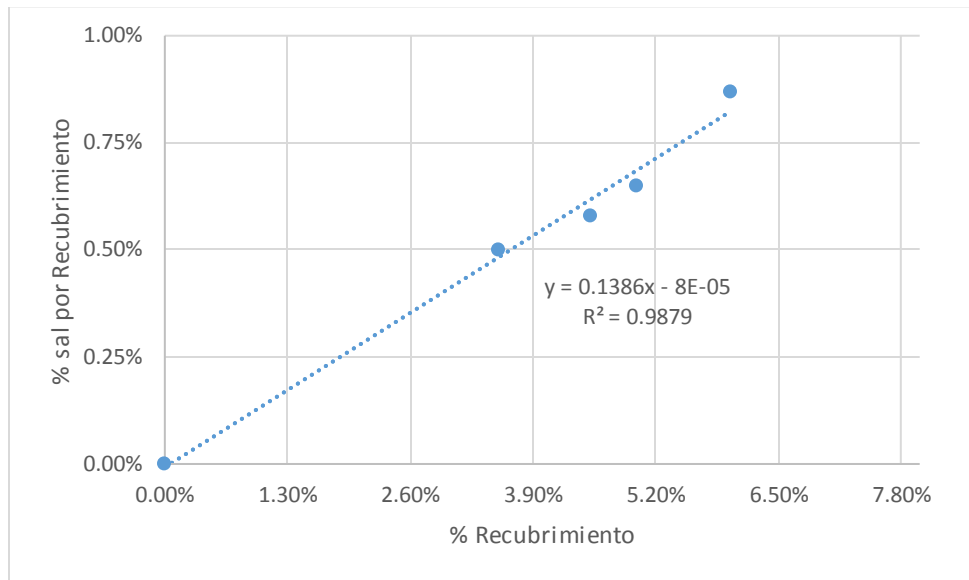


Figura 6. Curva de calibración pellet frito de maíz sabor limón

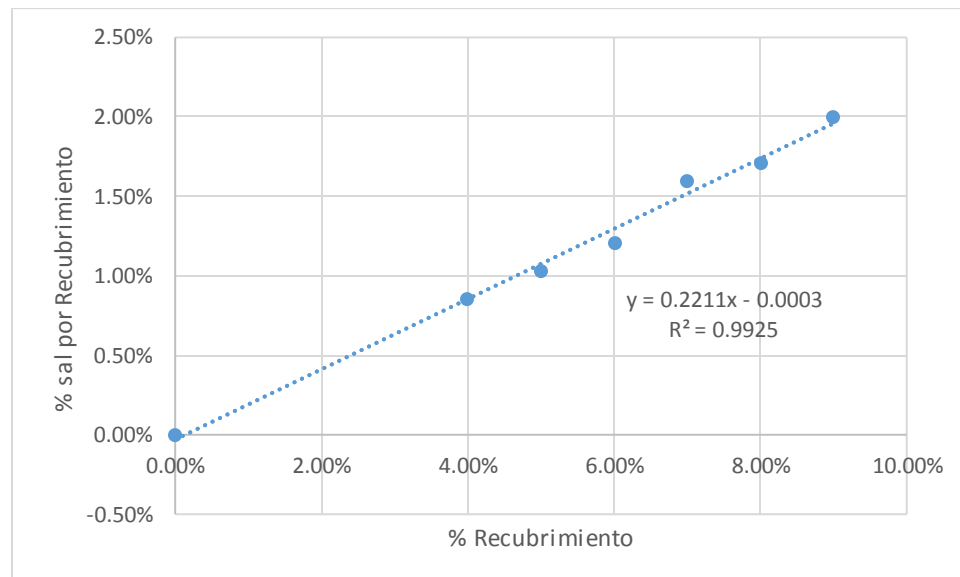


Figura 7 Curva de calibración fritura de pellejo de cerdo sabor barbaoca

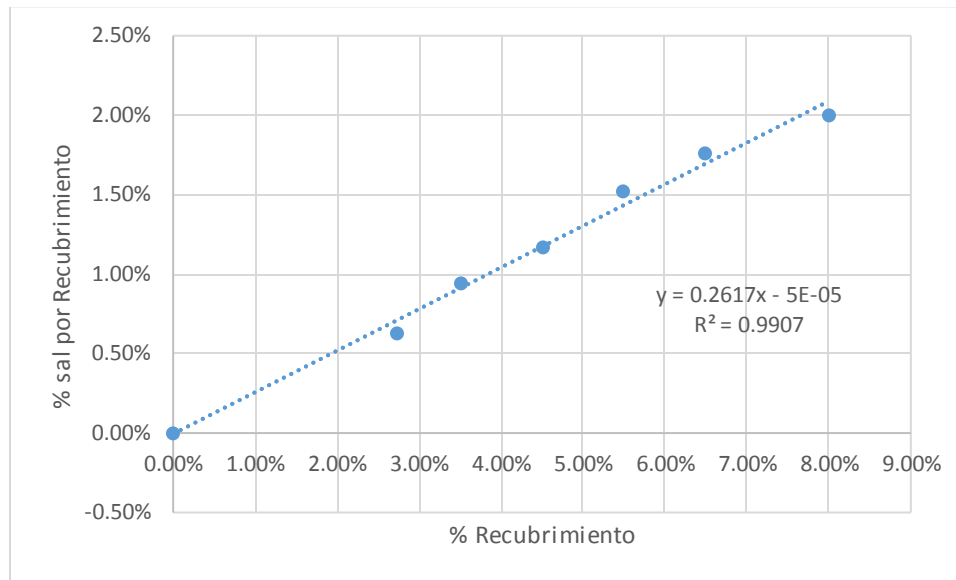


Figura 8. Curva de calibración pellet de papa frito sabor barbaoca

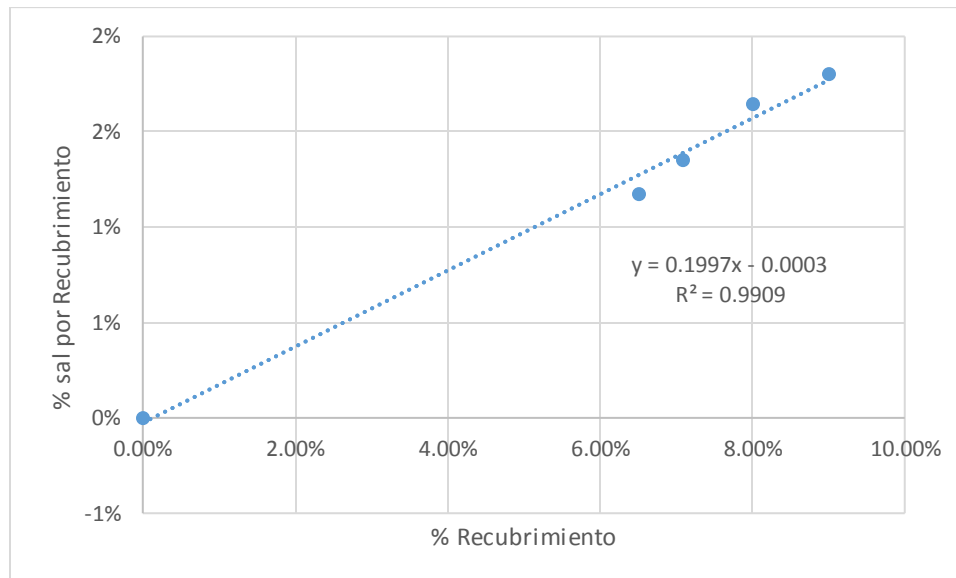
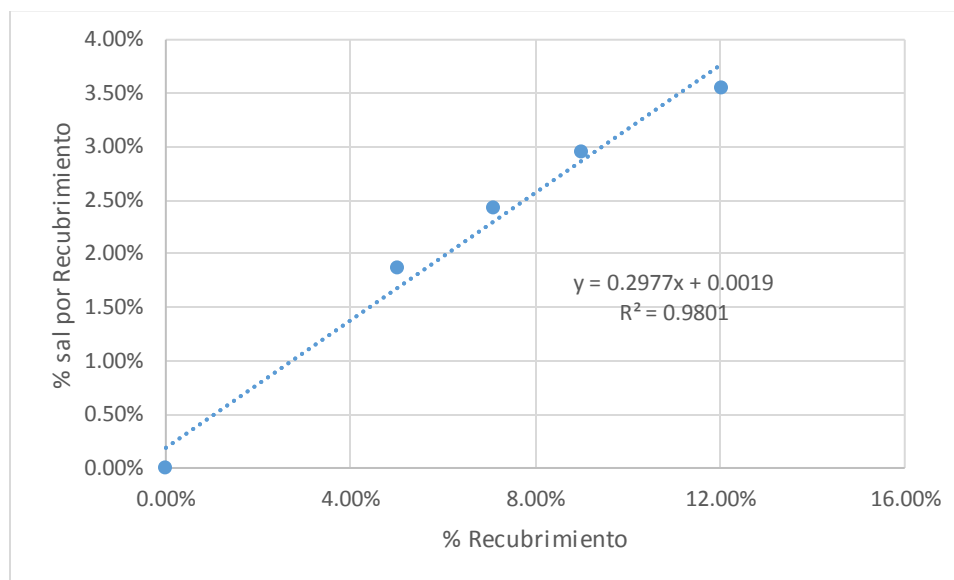


Figura 9. Curva de calibración pellet de papa frito sabor queso



Cuadro 45. Ecuación de la recta y coeficiente de determinación para curvas de calibración de equipo Mettler Toledo DL-22

Producto	Ecuación de la Recta	R <sup>2</sup>	Incertidumbre	
			Pendiente	Intersección eje
Fritura de maíz sabor queso	$Y=(21.25 \times 10^{-2})X - 9.73 \times 10^{-5}$	0.9992	$1.10 \times 10^{-3}$	$1.17 \times 10^{-4}$
Fritura de maíz sabor barbacoa	$Y=(18.57 \times 10^{-2})X - 1.31 \times 10^{-4}$	0.9975	$1.04 \times 10^{-3}$	$3.38 \times 10^{-6}$
Fritura de maíz sabor chile	$Y=(3.86 \times 10^{-2})X - 7.74 \times 10^{-5}$	0.9879	$1.94 \times 10^{-3}$	$2.58 \times 10^{-6}$
Fritura de maíz sabor limón	$Y=(22.11 \times 10^{-2})X - 3.02 \times 10^{-4}$	0.9925	$8.51 \times 10^{-3}$	$7.05 \times 10^{-6}$
Fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa	$Y=(26.17 \times 10^{-2})X - 5.08 \times 10^{-5}$	0.9907	$9.03 \times 10^{-3}$	$1.11 \times 10^{-6}$
Fritura de trigo sabor barbacoa	$Y=(19.97 \times 10^{-2})X - 2.60 \times 10^{-4}$	0.9909	$8.52 \times 10^{-3}$	$6.35 \times 10^{-6}$
Fritura de trigo sabor queso	$Y=(29.77 \times 10^{-2})X + 1.88 \times 10^{-3}$	0.9801	$48.74 \times 10^{-3}$	$3.50 \times 10^{-5}$

### 3. Modificaciones en las condiciones de operación

Cuadro 46. Recubrimiento másico en muestras de fritura de maíz sabor queso a distintas condiciones de operación

Muestra	Contenido de sal por recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Recubrimiento, m/m (%)	Velocidad de tornillo sin fin (%)
Sin sabor	0.00	0.00	45
Con sabor	1.70	8.06 $\pm$ 0.00082	
Sin sabor	0.00	0.00	38
Con sabor	1.31	6.21 $\pm$ 0.00078	
Sin sabor	0.00	0.00	36
Con sabor	1.10	5.22 $\pm$ 0.00077	
Sin sabor	0.00	0.00	35
Con sabor	1.06	5.02 $\pm$ 0.00076	

Cuadro 47. Recubrimiento másico en muestras de fritura de maíz sabor barbacoa para la condición de operación utilizada

Muestra	Contenido de sal por recubrimiento ( $\pm 0.01\%$ )	Recubrimiento (%)	Velocidad de tornillo sin fin (%)
Sin sabor	0.00	0.00	40
Con sabor	1.09	6.01 $\pm$ 0.0031	

Cuadro 48. Recubrimiento en muestras de fritura de maíz sabor chile para la condición de operación utilizada

Muestra	Contenido de sal por recubrimiento ( $\pm 0.01\%$ )	Recubrimiento (%)	Velocidad de tornillo sin fin (%)
Sin sabor	0.00	0.00	36
Con sabor	0.59	4.24 $\pm$ 0.0060	

Cuadro 49. Recubrimiento másico en muestras de fritura de maíz sabor limón para la condición de operación utilizada

Muestra	Contenido de sal por recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Recubrimiento (%)	Velocidad de tornillo sin fin (%)
Sin sabor	0.00	0.00	36
Con sabor	0.93	4.36 $\pm$ 0.0017	
Sin sabor	0.00	0.00	40
Con sabor	1.08	5.02 $\pm$ 0.0020	

Cuadro 50. Porcentaje de sal en muestras de fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa en línea a distintas condiciones de operación

Muestra	Contenido de sal por recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Porcentaje de recubrimiento, m/m (%)	Alimentación de pellet ( $\pm 1$ kg/h)	Velocidad de tornillo sin fin para alimentación de sazónador ( $\pm 0.1$ rpm)
Sin sabor	0.00%	0.00	40	8.5
Con sabor	0.89%	3.43 $\pm$ 0.0012	50	10.2
Sin sabor	0.00%	0.00	60	11.8
Con sabor	0.83%	3.20 $\pm$ 0.0012	70	13.0
Sin sabor	0.00%	0.00		
Con sabor	0.77%	2.98 $\pm$ 0.0011		
Sin sabor	0.00%	0.00		
Con sabor	0.86%	3.32 $\pm$ 0.0012		

Cuadro 51. Porcentaje de sal en muestras de fritura de trigo sabor barbacoa en línea a distintas condiciones de operación

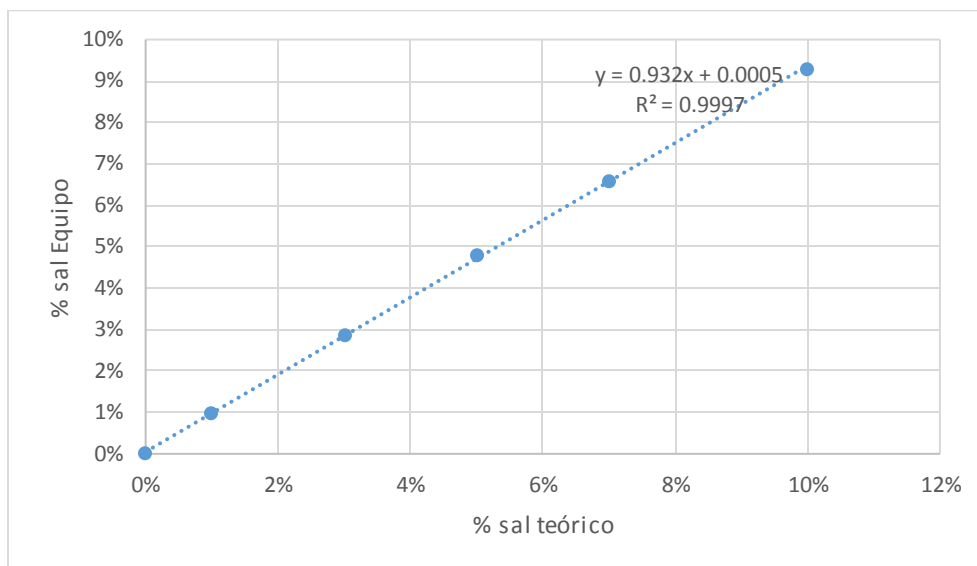
Muestra	Contenido de sal por recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Porcentaje de recubrimiento, m/m (%)	Alimentación de pellet ( $\pm 1$ kg/h)	Velocidad de tornillo sin fin para alimentación de sazónador ( $\pm 0.1$ rpm)	Contenido de sal por recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )
Sin sabor	0.00	0.00	40	29.4	4
Con sabor	1.38	7.03 $\pm$ 0.0030			

Cuadro 52. Contenido de sal en muestras de fritura de trigo sabor queso en línea a distintas condiciones de operación

Muestra	Contenido de sal por recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Porcentaje de recubrimiento, m/m (%)	Alimentación de pellet ( $\pm 1$ kg/h)	Velocidad de tornillo sin fin para alimentación de sazónador ( $\pm 0.1$ rpm)	Contenido de sal por recubrimiento, m/m ( $\pm 0.01\%$ )
Sin sabor	0.00	0.00	40	12.4	3
Con sabor	2.07	6.41 $\pm$ 0.0011	40	18.0	4
Sin sabor	0.01	0.00			
Con sabor	1.83	6.18 $\pm$ 0.0011			

#### 4. Equipo Atago ES-421

Figura 10. Curva de calibración de salinómetro Atago



Cuadro 53. Ecuación de recta de la curva de calibración y coeficiente de determinación

Ecuación de la Recta	R <sup>2</sup>
Y=0.932x + 0.0005	0.9997

#### 5. Ahorro de producción

Cuadro 54. Consumo másico y ahorro de sazadores al finalizar el proyecto con base en recubrimiento estándar de boquitas

Producto	Consumo de sazador, m/m ( $\pm 0.01\%$ )	Ahorro final (%)
Fritura de maíz sabor queso	114.55	39.00
Fritura de maíz sabor barbacoa	73.00	51.00
Fritura de maíz sabor chile	120.00	19.76
Fritura de maíz sabor limón	102.00	47.30
Fritura de pellejo de cerdo sabor barbacoa	119.00	24.29
Fritura de trigo sabor barbacoa	100.00	6.59
Fritura de trigo sabor queso	87.00	22.58

## K. ANÁLISIS DE ERROR

Cálculo No. 7. Propagación de error en cálculos de suma y resta

Para obtener la propagación de error en suma y resta, se utiliza la siguiente:

$$S_y = \sqrt{S_a^2 + S_b^2 + S_c^2 + \dots}$$

(Skoog, 2009)

Cálculo No. 8. Propagación de error en cálculos de multiplicación o división

Para obtener la propagación de error en multiplicaciones o divisiones, se utiliza la siguiente ecuación:

$$S_y = y \sqrt{\left[\left(\frac{S_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{S_b}{b}\right)^2 + \dots + \left(\frac{S_c}{c}\right)^2\right]}$$

(Skoog, 2009)

Cálculo No. 9. Propagación de error en cálculos de potencia

Para obtener la propagación de error en potencia, se utiliza la siguiente ecuación:

$$S_y = y \times potencia * \left(\frac{S_a}{a}\right)$$

(Skoog, 2009)

Cálculo No. 10. Promedio

Para obtener la media de una serie de números, se utiliza la siguiente ecuación

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

(Skoog, 2009)

## L. IMÁGENES

Figura 11. Sazonador utilizado para recubrimiento de fritura de maíz sabor queso



Figura 12. Sazonador utilizado para recubrimiento de fritura de maíz sabor barbacoa

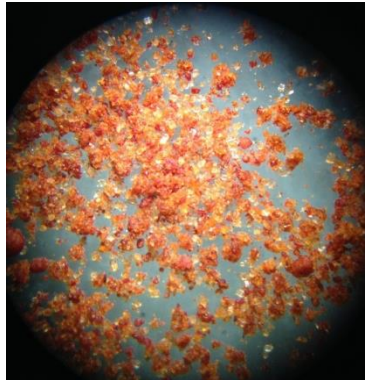


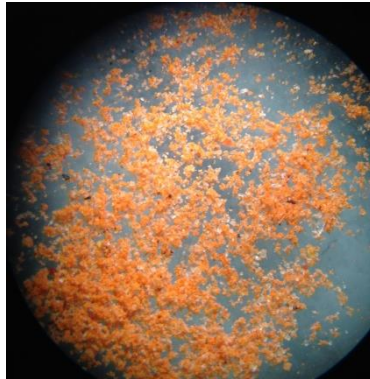
Figura 13. Sazonador utilizado para recubrimiento de fritura de maíz sabor chile



Figura 14. Sazonador utilizado para recubrimiento de pellejo de cerdo frito sabor barbacoa



Figura 15. Sazonador utilizado para recubrimiento de fritura de trigo sabor queso



### XIII. GLOSARIO

Boquita. Alimento frito de maíz, trigo o cerdo, de pequeño tamaño.

Curva de calibración. Expresión matemática obtenida por la regresión de respuestas obtenidas al calibrar un equipo

Flujo. Cantidad de materia que pasa a través de un conducto por unidad de tiempo.

Porcentaje de sal. Concentración de sal en una cantidad de muestra.

Pellet. Pequeñas porciones de un material aglomerado

Emulsionante. Sustancia que ayuda a la mezcla de dos sustancias que son poco miscibles.

Grados brix. Concentración de sal o azúcar en una solución

Porcentaje de recubrimiento. Cantidad de sazónador contenido en boquitas, indicado en porcentaje másico.

Porcentaje de sal por recubrimiento. Cantidad de sal en la boquita debido al sazónador utilizado para recubrimiento.

Salinómetro. Equipo utilizado para cuantificar la sal en una pequeña muestra.