

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Proyecto Final de Graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos para
optar por el grado de Licenciada en Ingeniería de Alimentos.

Evaluación del efecto de la reducción del contenido de sodio proveniente de la sal (NaCl)
sobre la aceptación sensorial de papas tostadas, en un contexto industrial

Elaborado por:

Megan Maynard Miranda

Carné: B14010

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Junio, 2019

TRIBUNAL EXAMINADOR

Proyecto de Graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

Elaborado por:

Megan Maynard Miranda

Aprobado por:

Ph.D. Carolina Rojas Garbanzo

Presidente del Tribunal

M.Sc. Ana Isabel Incer González

Directora del Proyecto

Ph.D. Nadiarid Jiménez Elizondo

Asesora del Proyecto

M.Sc. Marcia Cordero García

Asesora del Proyecto

M.Sc. Manuel Montero Barrantes

Profesor Designado

DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

El presente proyecto de graduación posee un nivel de confidencialidad parcial. El documento se publica restringiendo y codificando información sobre los parámetros de proceso de la empresa.

DEDICATORIA

A Dios y a mi familia,
por creer en mí y apoyarme siempre.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios, por darme la fuerza para seguir adelante y por todas las bendiciones que hicieron posible llegar hasta acá.

A mi papá y mi mamá por la paciencia, el apoyo, el sacrificio y el esfuerzo para que pudiera lograr mis metas, gracias por enseñarme a ser una persona de bien y a no rendirme. A mis hermanos Ka, Val, De y a Diego y Mau por escucharme y ayudarme siempre que lo necesitaba. A Ele y Emi que llegaron a alegrarme la vida en estos últimos meses. A Jorge, gracias por estar ahí siempre, dispuesto a ayudar aunque lo pusiera a correr, por el apoyo y por siempre motivarme a seguir. Sin ustedes de verdad que esto no hubiera sido posible.

Gracias a las chicas: Caro, Esther, Fio, Steph y Vivi, y a Ronald por hacer la U mucho más sencilla de llevar, por la amistad, el apoyo, las regañadas y porque sé que siempre puedo contar con ustedes. También quiero agradecer a Xime por toda la ayuda durante mis pruebas y a Mawi y Vale Arce. A Majo, por ser mi compañera de tesis al principio, gracias por todo.

A mi comité asesor: profe Anita, Nadia y Marcia, gracias por toda la ayuda y los consejos, por la guía y por la motivación. Profe Ana, gracias por responder todas mis dudas y por siempre motivarme. Profe Nadia, gracias por los consejos y por el esfuerzo puesto en este proyecto para que todo salga bien y profe Marcia, gracias por ayudarme más de lo que esperaba, por acompañarme en las pruebas y en el análisis de resultados. Gracias a las tres por tener un ratito para mí, a pesar de que sus vidas estuvieran cambiando tanto. Gracias al personal de la empresa, a Randall y doña Diana, por siempre recibirme de la mejor manera y por toda la ayuda brindada.

A Camacho, Alonso, Giova y Luis por su disposición a ayudar y por el cariño, a todo el personal de la ETA y el CITA, gracias por la formación académica y profesional, todos son parte de este logro.

ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL EXAMINADOR.....	ii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN	xii
1. JUSTIFICACIÓN	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos.....	4
3. MARCO TEÓRICO	5
3.1. La sal o cloruro de sodio (NaCl)	5
3.1.1. La sal en los alimentos.....	5
3.1.2. Efectos del consumo elevado de sodio sobre la salud	5
3.2. Estrategias de reducción de sodio	6
3.2.1. En el mundo	6
3.2.2. En Costa Rica	9
3.3. <i>Snacks</i>	10
3.3.1. Definición.....	10
3.3.2. <i>Snacks</i> fritos (papas tostadas).....	10
3.3.3. Sodio en <i>snacks</i> fritos	11
3.4. Fritura convencional	12
3.5. Aplicación tópica de la sal	14
3.5.1. Dosificación.....	14
3.5.2. Granulometría.....	15
3.5.3. Equipo utilizado.....	15
3.6. Reducción del contenido de sodio en <i>snacks</i>	16

3.7. Análisis sensorial de alimentos	17
3.7.1. Pruebas de discriminación	18
3.7.2. Prueba de agrado general (aceptación)	21
3.8. Análisis por conglomerados (clusters)	22
4. MATERIALES Y MÉTODOS	23
4.1. Localización del proyecto	23
4.2. Materias primas	23
4.3. Equipo utilizado para el procesamiento de las papas	23
4.4. Análisis de la variabilidad en el proceso de producción, en la materia prima y en el producto terminado.	24
4.4.1. Análisis de la variabilidad en el proceso de producción	24
4.4.2. Análisis de la variabilidad de las materias primas y productos intermedios.	27
4.4.3. Análisis de la variabilidad del producto terminado.	28
4.4.4. Análisis de la variación del producto terminado sobre la percepción sensorial.	30
4.4.5. Diseño experimental y análisis estadístico.	30
4.5. Evaluación del efecto de reducción de sodio en papas tostadas y su percepción sensorial.	31
4.5.1. Caracterización de la operación de dosificación.	31
4.5.2. Evaluación de la percepción sensorial de las papas tostadas reducidas en sodio.	32
4.5.3. Análisis estadístico	33
4.6. Análisis físico-químicos	34
4.6.1. Análisis de contenido de lípidos	34
4.6.2. Análisis de contenido de sodio	34
4.6.3 Análisis de contenido de humedad	34
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35

5.1. Análisis de la variabilidad del contenido de sodio durante el proceso de producción, en la materia prima y en el producto terminado y su efecto en la percepción sensorial en papas tostadas con sal.	35
5.1.1. Variabilidad en el proceso de producción	35
5.1.2. Variabilidad en el producto terminado	39
5.1.3. Variabilidad en las materias primas	43
5.1.4. Percepción sensorial de los lotes analizados	45
5.2. Evaluación del efecto de la reducción de la sal sobre el contenido de sodio y la percepción sensorial de las papas tostadas.	47
6. CONCLUSIONES.....	54
7. RECOMENDACIONES.....	55
7.1 A nivel experimental	55
7.2. A nivel industrial	55
8. BIBLIOGRAFÍA	56
9. ANEXOS	63
9.1. Mediciones de la variabilidad realizadas durante el proceso de producción y resultados de los análisis químicos asociados.	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I. Niveles del dosificador utilizados en la evaluación de la operación de dosificación.....	32
Cuadro II. Coeficiente de variación (n = 19) para los parámetros medidos durante el proceso de producción de papas tostadas.....	38
Cuadro III. Contenido de sodio reportado en la etiqueta nutricional en papas tostadas vendidas en los principales supermercados de la GAM.....	42
Cuadro IV. Promedio y desviación estándar del contenido de sodio y de la humedad en las papas crudas para los diferentes lotes analizados.	44
Cuadro V. Comparación de medias de los valores de agrado general de papas tostadas (n = 115) otorgados por los jueces, obtenidos para los tres <i>clusters</i>	46
Cuadro VI. Prueba de discriminación 2-AFC (n = 60) de papas tostadas con contenidos de sodio reducidos respecto a las papas con el mayor contenido de sodio.....	51
Cuadro VII. Promedio y desviación estándar de los contenidos de sodio en BSNG de la materia prima, productos intermedios y producto terminado de los seis lotes analizados.....	63
Cuadro VIII. Flujo de alimentación, contenido de sodio en papas fritas y porcentaje de aplicación para las muestras del lote 5.	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Escala hedónica híbrida usada en las pruebas de consumidores para la evaluación del agrado general de las papas tostadas.	22
Figura 2. Diagrama del equipo para el procesamiento de papas tostadas de la empresa (elaboración propia).....	24
Figura 3. Diagrama de flujo de proceso de producción de papas tostadas, con la indicación de las mediciones realizadas.	29
Figura 4. Ejemplo de la bandeja presentada a los panelistas para la prueba de 2-AFC (el orden fue variado aleatoriamente para cada panelista, el dibujo es con fines ilustrativos).	33
Figura 5. Variación del contenido de sodio en las papas, durante el proceso de producción, para los diferentes lotes analizados.....	35
Figura 6. Relación del flujo de alimentación de las papas y el porcentaje de aplicación de la sal, según lo observado en el lote 5.....	37
Figura 7. Contenido de sodio en el producto terminado, para las muestras analizadas. ...	40
Figura 8. Variación del contenido de sodio en las muestras analizadas y valor de sodio reportado en la etiqueta con una tolerancia del 20%.	41
Figura 9. Análisis acumulativo del tamaño de partícula de tres lotes distintos de sal utilizados en la elaboración de papas tostadas.	43
Figura 10. Dendograma generado a partir de la prueba de agrado general de papas tostadas.....	45
Figura 11. Flujo de alimentación de las papas y variación del contenido de sodio en las papas tostadas con respecto al nivel del dosificador, para los 6 niveles de dosificación estudiados.	48
Figura 12. Relación del flujo de alimentación de la sal y el contenido de sodio en el producto terminado para tres diferentes niveles de dosificación estudiados con un flujo de alimentación de papas aproximado a 50 g/s.....	49
Figura 13. Variación de la concentración de la disolución X y del contenido de sodio en la papa frita sin sal (en BSNG) para las muestras analizadas.	50

ABREVIATURAS

aw: actividad del agua

BS: Base seca

BSNG: Base seca no grasosa

Cn: Concentración

PT: Producto terminado

rpm: revoluciones por minuto

g/s: gramos por segundo

RESUMEN

Maynard Miranda, Megan

Evaluación del efecto de la reducción del contenido de sodio proveniente de la sal (NaCl) sobre la aceptación sensorial de papas tostadas, en un contexto industrial.

Tesis de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos – San José, Costa Rica.

Se trabajó en conjunto con una empresa productora de papas tostadas para realizar una reducción en el contenido de sal de este producto, procurando mantener una percepción sensorial similar a la del producto original. Lo anterior se hizo con el fin de apoyar la meta propuesta en el Plan Nacional de Reducción de Sodio, de disminuir el consumo de sal a 5 g/día mediante la reformulación de productos y el acompañamiento de la industria alimentaria.

Se analizó, primeramente, la variabilidad existente en el proceso de producción, con el fin de determinar el alcance de la reducción. Se estudiaron seis lotes, en los cuales se midieron los principales parámetros del proceso de producción, manteniendo las condiciones usuales de la empresa. Además, se analizó el contenido de sodio, humedad y grasa de la materia prima, el producto terminado y los productos intermedios.

A partir de estos análisis, se observó que el contenido de sodio del producto terminado en los seis lotes estudiados varió desde 144 hasta 519 mg sodio/100 g producto en base seca, siendo las diferencias más amplias entre los lotes en donde se utilizó la operación X y en los que esta operación fue eliminada. Además, se determinó que solo el 16% de las muestras analizadas cumplían con el contenido de sodio reportado en la etiqueta. Asimismo, se observó que existen variaciones, inclusive para un mismo lote, en el flujo de alimentación de las papas, lo que provoca diferencias en la sal dosificada al producto.

Posteriormente, se realizó la reducción en el contenido de sodio. Para esto, se mantuvieron las condiciones habituales del proceso de producción y se varió únicamente la cantidad de sal dosificada, la cual está dada por el nivel del dosificador. Se estudiaron seis niveles, de los cuales tres eran menores al rango utilizado por la empresa usualmente, dos se encontraban dentro del rango usual y uno era mayor. Se midió además, el flujo de alimentación de las papas y la sal, la concentración de la disolución X y se analizó el contenido de sodio, grasa y humedad del producto terminado y de las papas fritas sin sal dosificada.

Finalmente, se realizó un panel sensorial de discriminación con el fin de conocer la diferencia en el contenido de sodio que los consumidores son capaces de percibir en las papas tostadas obtenidas mediante el proceso usual de la empresa y, de esta manera, determinar el alcance de la reducción.

Con base en los resultados obtenidos, se confirmó el efecto directo del flujo de alimentación de las papas sobre el contenido de sodio en el producto terminado, ya que el primero varió desde 39 hasta 63 g/s, sin mantener una tendencia clara, lo que provocó que el contenido de sodio no mantuviera una tendencia lineal. En el panel sensorial se realizó una prueba 2-AFC con 60 jueces, a los que se les presentaron tres pares de muestras con diferencias de 42, 104 y 188 mg sodio/100 g producto, usando siempre como referencia la muestra con el mayor contenido de sodio, que corresponde al producto original. Para ninguno de los tres pares los jueces encontraron la diferencia, usando un $\alpha = 0,05$ y una potencia del 95%.

Por lo tanto se concluye que, es posible realizar una reducción en el contenido de sodio de las papas tostadas sin que el consumidor perciba la diferencia. Sin embargo, para lograr esto, es necesario mantener constantes los parámetros de flujo de alimentación de las papas y concentración de la disolución X y garantizar que el proceso de producción se encuentre estandarizado.

PALABRAS CLAVE: REDUCCIÓN DE SODIO – PAPAS TOSTADAS – FRITURA – SAL – VARIABILIDAD EN LA PRODUCCIÓN. Directora: *M.Sc. Ana Incer González*. Escuela de Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica.

1. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, las enfermedades cardiovasculares son la primera causa de muerte y discapacidad, alcanzando un 30% de las muertes que se registran en el mundo. La hipertensión arterial aumenta la probabilidad de presentar accidente cardiovascular encefálico, insuficiencia renal crónica, insuficiencia cardiaca congestiva y cardiopatía coronaria (Valenzuela y Atalah, 2011). A su vez, se ha demostrado que el consumo excesivo de sodio está directamente relacionado con la presión arterial elevada (He y MacGregor, 2009).

Por recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el consumo diario de sal por persona debe ser no mayor a 5 gramos, lo que equivale a 2 gramos de sodio, sin embargo, este valor se aleja del consumo promedio en Costa Rica, el cual según el Ministerio de Salud (2018) es de 11,5 g de sal por persona. Por este motivo, desde el año 2011 se trabaja en el Plan Nacional de Reducción de Sodio, donde se busca alcanzar para el año 2021 la meta propuesta de consumir menos de 5 gramos diarios de sal. Para esto, el primer paso es la reformulación de productos, principalmente aquellos que contribuyen en un mayor grado a la ingesta de sal por la población, por lo que debe haber un acompañamiento con la industria alimentaria, para así poder implementar una meta nacional (Ministerio de Salud, 2011).

En Colombia, país que mantiene una dieta similar a la costarricense, se demostró que los grupos de alimentos que más consumen las personas y que más aporte de sodio tienen en la dieta son: pan, quesos, galletas, carnes frías (o embutidos) y *snacks*. A pesar de que el porcentaje de consumo de *snacks* no es tan alto (un 6,3% de la población), su contenido de sodio hace que sea un grupo importante para incluirlo en la estrategia de reducción de sodio (Ministerio de Salud y Protección Social, s/f).

En el país, el mayor consumo de *snacks* es del tipo salado con ventas de 8600 toneladas en el 2018, de estas aproximadamente un 40% corresponde a papas tostadas, ocupando el primer lugar de la categoría (Euromonitor International, 2018). Este producto es de consumo frecuente en jóvenes y además es de muy fácil acceso, ya que se vende en un 80% de los abastecedores urbanos y rurales del país (Montero-Campos *et al.*, 2015).

En un análisis realizado en octubre del 2016, en el marco del proyecto 735-B6-263 “*Alternativas tecnológicas para la reducción y sustitución de sodio en snacks fritos*”, en papas tostadas de una marca nacional se obtuvieron valores de sodio de 1063 a 1097 mg/100 g en tres

muestras distintas del mismo lote (CITA, 2016_a). Teniendo lo anterior en cuenta, las papas tostadas son un producto cuya reducción de sodio representaría una contribución a la meta del Plan Nacional de Reducción de Sodio. Además, es consumido por la población en general, incluyendo niños y jóvenes.

Sin embargo, es fundamental considerar que una reducción de sodio en las papas tostadas podría provocar una disminución en la aceptación del consumidor, por lo que ésta se debe hacer asegurando que se mantiene el agrado de los clientes leales a la marca. Además, otro factor importante a tomar en cuenta es el precio del producto. Ya que los sustitutos de sal tienen un costo mayor, se ha visto que realizar una sustitución de sal de 20 - 30% podría elevar el costo de la materia prima entre 5 a 30%, dependiendo de la cantidad de sal adicionada (Dötsch *et al.*, 2009), por lo que una modificación de este tipo aumentaría considerablemente el costo del producto.

Por esta razón se propuso realizar una reducción gradual en el contenido de sodio, pues según Bobowski, Rendahl y Vickers (2015), el realizar varias reducciones a nivel de umbral de diferencia de manera escalonada, hasta lograr la meta buscada, tienen un menor efecto en el agrado del consumidor. Lo anterior debido a que el nivel de agrado se mantiene constante durante las semanas, mientras que si se hace una reducción de forma abrupta, la aceptación del producto por el consumidor podría decaer, provocando incluso el rechazo y la escogencia de un producto con mayor contenido de sal (Dötsch *et al.*, 2009).

Para realizar un cambio en algún parámetro del proceso de producción de papas tostadas, se debe tener claro qué tan variable es el proceso de producción para un mismo lote y entre diferentes lotes a través del tiempo. Los parámetros de operación del equipo están determinados por el rango de variación que exista en las materias primas (en este caso, las papas) y el flujo de alimentación, y deben ser trasladados a los ajustes del freidor (Marinos-Kouris *et al.*, 2015), estudiar la variabilidad en el proceso es lo que permite corroborar si la estrategia de reducción será viable o no.

Por lo tanto, en el presente proyecto se analizó inicialmente la variabilidad asociada al proceso de producción y el producto final, para de esta manera plantear la estrategia de reducción de sodio, de acuerdo a las condiciones utilizadas por la empresa. Posteriormente, esta estrategia fue evaluada a nivel sensorial con el fin de lograr un producto modificado sin que los consumidores detecten diferencias entre el producto actual y el producto reducido en sodio.

La iniciativa de trabajar en conjunto con el sector industrial se debe a que la adición de sodio a las papas tostadas se realiza de manera tópica al final del proceso de producción, por lo que su contenido final va a depender de varios factores, ya sea asociados al proceso, como la temperatura de fritura y el tiempo de residencia, o a la materia prima, como la variedad de las papas y la granulometría de la sal. Por lo que realizarlo en un contexto industrial y no a escala piloto, permitió llegar a una solución real, tomando en cuenta las dificultades que se viven en la industria para tener un proceso uniforme y así lograr una reducción de sodio efectiva. Además, la variabilidad asociada al proceso es mayor al trabajar en escala industrial, ya que los niveles de producción son mayores.

Para lograr lo planteado anteriormente, se trabajó en conjunto con una empresa nacional productora de papas tostadas, donde se evaluó el efecto de la reducción del contenido de sodio proveniente de la sal sobre los parámetros de proceso y aceptación sensorial de este producto.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de la reducción del contenido de sodio proveniente de la sal sobre los parámetros de proceso y aceptación sensorial de papas tostadas, en un contexto industrial.

2.2. Objetivos específicos

- Analizar la variabilidad del contenido de sodio durante el proceso de producción, en la materia prima y en el producto terminado y su efecto en la percepción sensorial en papas tostadas con sal, para la determinación del alcance de la reducción.
- Evaluar el efecto de la reducción de sal sobre el contenido de sodio y la percepción sensorial en papas tostadas.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. La sal o cloruro de sodio (NaCl)

3.1.1. La sal en los alimentos

El cloruro de sodio (NaCl), comúnmente llamado sal, es un compuesto iónico de Na^+ + Cl^- que forma una estructura cúbica en sus cristales y cuyo tamaño varía según la fuente y el mecanismo de obtención y producción. Desde tiempos remotos la sal ha sido usada por los humanos, remontándose a los años 7000 a.C. Prácticamente en el período neolítico, cuando el ser humano se convirtió en agricultor y ganadero, utilizó la sal para preservar los alimentos y posteriormente para condimentarlos (Diez y Martínez *et al.*, 2011).

Con la invención del refrigerador y el congelador, la sal dejó de utilizarse como método de conservación, por lo que se redujo su uso en alimentos. Sin embargo, en años recientes, con el aumento del consumo de alimentos procesados altamente condimentados, su ingesta ha alcanzado valores de 9-12 g/día en la mayoría de países del mundo (He y MacGregor, 2009), el equivalente a 3500 – 4700 mg de sodio/día.

La sal es utilizada en la industria de alimentos para un efecto sensorial, no solo aportando sabor salado, sino resaltando otros sabores o enmascarando la sensación amarga presente en el alimento. Además, es utilizada como preservante, ya que reduce el agua disponible (a_w), necesaria para el crecimiento de microorganismos. Mientras que en algunos productos tiene una función específica en el procesamiento, por ejemplo, en el pan hace que el gluten sea más estable y menos extensible (Hutton, 2002).

3.1.2. Efectos del consumo elevado de sodio sobre la salud

El sodio es un constituyente insustituible en los animales. Entre otras funciones, interviene en los potenciales de membranas celulares. El potencial de acción de neuronas y células musculares depende de cambios en la permeabilidad de la membrana al sodio, además de otros factores. Asimismo, numerosos agentes antiarrítmicos actúan a través de su acción sobre los canales de sodio. Por otra parte, debido a su capacidad osmótica interviene en el control de la volemia y juega un papel trascendental en el control de la presión arterial (Romero, 2013). La ingesta adecuada (IA) de sodio en adultos es de 1500 mg/día, esto según la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, mientras que el nivel máximo de consumo tolerable del nutriente

(UL) es de 2300 mg/día (Carmona *et al.*, 2014).

El alto consumo de sodio se asocia con la presión arterial elevada, que es la principal causa de muerte y la segunda causa de discapacidad en el mundo. Aproximadamente 1000 millones de personas en el mundo (una cuarta parte de la población adulta) tenían una presión arterial elevada (>140/90 mmHg) en el año 2000 y se prevé que la cifra aumente a aproximadamente 1500 millones para el 2025. El daño causado por la presión arterial elevada se debe principalmente a sus efectos sobre la enfermedad cardiovascular (ECV) (accidentes cerebrovasculares, ataques cardíacos, insuficiencia cardíaca) y la enfermedad renal (He *et al.*, 2012). La Organización de las Naciones Unidas (ONU), la Organización Mundial de la Salud (OMS), Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) y otras organizaciones han sido enfáticas en la relación entre el sodio proveniente de la dieta y las consecuencias cardiovasculares (Mozaffarian *et al.*, 2014).

Cerca del 98% del sodio proveniente de la dieta es absorbido en el intestino, el exceso de sodio es excretado principalmente por los riñones y una parte se pierde en la transpiración. En adultos humanos sanos, el sodio excretado mediante la orina aproximadamente equivale al consumido. Sin embargo, a medida que las personas envejecen o desarrollan ciertas enfermedades crónicas, la función de los riñones puede disminuir afectando de esta manera la regulación homeostática de electrolitos. Al disminuir la eficiencia de la excreción de sodio, el volumen de plasma puede aumentar y estresar el sistema cardiovascular al inducir hipertensión (Doyle y Glass, 2010).

3.2. Estrategias de reducción de sodio

3.2.1. En el mundo

Con base en la disminución de la presión arterial que se dio en un meta-análisis de ensayos aleatorizados sobre reducción de sal, se estimó que una reducción en la ingesta de sal de 6 g/día reduciría los accidentes cerebrovasculares en un 24% y la enfermedad coronaria en un 18%. Esta reducción evitaría cerca de 2,5 millones de muertes en todo el mundo (He *et al.*, 2012). Basado en esta evidencia sobre el efecto del consumo excesivo de sodio y las enfermedades cardiovasculares, la OMS recomienda en la 66ª Asamblea Mundial de la Salud, la reducción en un 30% del consumo de sal para el año 2025 y de ser posible, acercar este valor a 5 g/día. Después de esto, la OMS ha apoyado a los países miembros para encontrar la mejor manera para desarrollar,

implementar y monitorear las estrategias de reducción de sal (Trieu *et al.*, 2015).

Reino Unido es uno de los países pioneros en promover una estrategia de reducción de sal, pues desde el año 1994 se señaló la necesidad de reducir el consumo de sal de los adultos a un valor máximo de 6 g/día. El primer paso fue conocer el promedio de la ingesta diaria de sal en adultos, que en el 2001 era de 9,5 g/día. Conociendo este valor se determinó que un 15% de la sal consumida era agregada en la preparación de los alimentos en la casa y un 5% estaba naturalmente en los alimentos. El porcentaje restante (un 80%), no dependía de los consumidores sino de la industria de alimentos, ya que era agregada en los productos procesados, en sodas y restaurantes, entre otros (He y MacGregor, 2009).

Posteriormente, la Food Standards Agency (FSA), identificó 80 categorías de alimentos como blanco para la reducción de sal, además, continúa realizando acciones para informar y para crear conciencia en la población (Valenzuela y Atalah, 2011). Con estas intervenciones, se logró en diez años (2001-2011) una reducción en el consumo de sodio promedio de 3840 mg/día a 3240 mg/día. A pesar de esta iniciativa, para un grupo importante de personas la ingesta diaria de sodio sigue siendo mayor a la recomendada, sin embargo, esto representa un avance importante (Hendriksen *et al.*, 2015).

En España se creó en el año 2005 la Estrategia para la Nutrición, Actividad Física y Prevención de la Obesidad (Estrategia NAOS), la cual aborda todos los aspectos de la nutrición relacionados con la salud, incluido el consumo excesivo de sal. En el año 2009 dio inicio el Plan de reducción del consumo de sal en España, mediante el cual se ha buscado informar y concientizar a la población acerca de los problemas de salud asociados al consumo excesivo de sodio. Además, se ha trabajado ininterrumpidamente en la reformulación de los alimentos, por ejemplo, en cuatro años se redujo en 4 g de NaCl/kg la harina utilizada para la elaboración de pan (Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad, 2015).

En Canadá se creó en el año 2007 un grupo experto llamado *Sodium Working Group* (SWG), el cual creó una estrategia para la reducción del consumo de sodio de la población, que fue lanzada en el año 2010. En ésta se propuso reducir el consumo de sodio por persona a 2300 mg/día para el 2016. De acuerdo con la información brindada por este grupo, el 75% del sodio que consumen los canadienses proviene de los alimentos procesados, por lo que se elaboró una guía para la industria que buscaba hacer la reducción en tres niveles y así llegar a la meta de

sodio en el 2016 (Bureau of Nutritional Sciences, 2012).

En una revisión hecha en el año 2017, se observó que solamente un 14% de las 94 categorías de alimentos enlistadas desde el inicio había logrado alcanzar la reducción planteada para la fase III. Mientras que, un 48% de las categorías no había tenido ningún avance, pues no lograron ni siquiera alcanzar la meta de reducción propuesta para la Fase I (Health Canada, 2018).

En Estados Unidos, el problema del consumo de sodio excesivo tiene su origen en el suministro de alimentos, el 65% del sodio proviene de alimentos comprados en supermercados o tiendas de conveniencia. Se observó también que, el 44% del consumo de sodio tiene su fuente en diez categorías de alimentos, entre las que destacan el pan, queso, *snacks*, carne de ave y carnes curadas. De acuerdo con la información anterior, una reducción del 25% en el contenido de sodio de estas categorías podría resultar en una disminución del 11% en el consumo diario promedio de la población, que corresponde a aproximadamente 360 mg (Centers for Disease Control and Prevention, 2012).

En el año 2010 un reporte hecho por el *Institute of Medicine* hace la recomendación a la FDA (*Food and Drug Administration*) de establecer objetivos obligatorios para reducir el contenido de sodio en los alimentos por pasos y que, provisionalmente, la industria de alimentos reduzca voluntariamente el contenido de sodio. Esta recomendación se da debido a que la FDA es la que regula los alimentos empacados, lo que representa cerca del 80% del suministro de alimentos del país (Levings *et al.*, 2012).

Se establece también, que para que la reducción del contenido de sodio en los alimentos se logre exitosamente, se debe hacer gradualmente, con pequeñas reducciones realizadas de forma regular, en un proceso monitoreado cuidadosamente. De esta manera no se afecta la aceptación del consumidor. Otra de las recomendaciones es cambiar el estatus de generalmente reconocido como seguro (GRAS, por sus siglas en inglés) a la sal y otros compuestos que contienen sodio, para que el nivel en que se utilicen sea seguro para la población. Este cambio también debe hacerse de forma gradual (Institute of Medicine, 2010).

Para conocer los avances de países de la zona se mencionará el caso de Colombia. Este país en el 2011 se adhirió a la declaración de la política de “Prevención de las enfermedades cardiovasculares en las Américas, mediante la reducción de la ingesta de sal alimentaria en toda la población” de la OPS/OMS, asumiendo de esta manera un compromiso nacional. A partir de este

momento se comenzó a trabajar en mesas de diálogo con la industria para establecer metas y plazos para la reducción del contenido de sodio en los alimentos industrializados. Este proceso se hará por etapas y requiere del apoyo de los departamentos de investigación y desarrollo de la industria alimentaria para que las reducciones sean efectivas (Ministerio de Salud y Protección Social, 2015).

Se tomó en cuenta la frecuencia de consumo y el contenido de sodio según la etiqueta nutricional. De acuerdo con esto, se priorizaron cuatro categorías de alimentos: derivados cárnicos, panadería y galletería, quesos y *snacks*, y se establecieron metas para el 2017 y 2020 para diferentes subcategorías mediante un reglamento técnico (Ministerio de Salud y Protección Social, s/f).

3.2.2. En Costa Rica

Costa Rica, al igual que Colombia, también se unió a la “Declaración de la Política para reducir el consumo de sal en las Américas” lanzada por la OPS en 2009, comprometiéndose a apoyarla y creando en el 2011 el Plan Nacional para la Reducción del Consumo de Sal y Sodio en la Población 2011-2021, para alcanzar progresivamente la meta de 5 g de sal/persona/día. En este plan se propone, inicialmente, conocer la situación del país en cuanto a consumo y fuentes de sodio y posteriormente, buscar estrategias de reducción en conjunto con la industria alimentaria y servicios de alimentación. Además, promover un cambio de conducta en el consumidor con respecto al consumo excesivo de sodio (Ministerio de Salud, 2011).

En un estudio realizado por Blanco-Metzler y colegas (2017), se estimó por medio de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares de los años 2004-2005 y 2012-2013, que la principal fuente de sodio de los costarricenses es la sal común agregada durante la preparación de los alimentos o en la mesa. Además, se observó una tendencia al aumento de la adquisición de sodio en los hogares con el tiempo, con una crecida del 15% en menos de una década, lo que hace ver la importancia de acciones que eviten que siga en aumento el consumo de sodio.

Entre las principales limitaciones de este plan es que no tiene un plazo fijo ni una magnitud definida. Además, no se cuenta con los recursos necesarios para generar datos representativos de los niveles de excreción de sodio en la orina (estudios de 24 horas) en la población nacional, siendo este el método más preciso para realizar esta determinación. Sin embargo, se espera obtener el apoyo político necesario, así como la colaboración y el compromiso

de la industria alimentaria y los servicios de alimentación, con el fin de alcanzar la meta internacional propuesta (Blanco-Metzler *et al.*, 2012).

3.3. Snacks

3.3.1. Definición

La definición de *snacks* no es estática, puede variar entre una persona y otra, ya que está relacionada con el momento del día en que se consume, el tipo de comida, la cantidad, el lugar donde se consumió o una combinación de estos factores. Se pueden definir como los alimentos que se consumen entre los tiempos de comida. Generalmente, los *snacks* son percibidos como porciones pequeñas de productos empacados, no caros y con pocos nutrientes (Hess *et al.*, 2016).

Esta categoría de alimentos es bastante amplia, no obstante, se puede subdividir en *snacks* dulces como barras de cereal, cereales de desayuno, chocolates, galletas dulces, entre otros y *snacks* salados, como por ejemplo las papas tostadas, los productos extruidos a base de maíz, las palomitas y el maní. Los *snacks*, en general, son consumidos principalmente por niños y adultos jóvenes (Ainsworth y Plunkett, 2007).

3.3.2. Snacks fritos (papas tostadas)

Considerando los productos almidonosos, los alimentos fritos se pueden clasificar en dos categorías tecnológicas principales: los productos delgados, prácticamente deshidratados, como chips de papas, yuca o tortilla y los productos gruesos como las papas y los plátanos fritos donde la deshidratación es parcial. Los productos delgados presentan un contenido de agua (< 5%) resultando en productos con muy bajo a_w y una larga vida útil, que pueden ser fácilmente empacados y almacenados para su distribución. Sin embargo, debido a su contenido de grasa (entre un 30 y 40%), la estabilidad del aceite durante el almacenamiento debe ser manejado cuidadosamente para evitar que se generen sabores extraños (Ziaifar *et al.*, 2008).

Una de las principales características de los *snacks* fritos es su textura crujiente y frágil (Kita, 2011). Esta textura se logra al alcanzar altas temperaturas, por ejemplo, las papas tostadas pasan por una primera fase donde el tejido se suaviza y se cocina y posteriormente, comienza la formación de la corteza que progresivamente se va endureciendo. Se debe tener en cuenta también, que un porcentaje de grasa mayor al 40% hace que el producto se sienta muy grasoso y sea poco crujiente; mientras que, porcentajes muy bajos de grasa hacen que los *chips* sean muy

duros (Kita, 2014).

Entre estos productos destacan las papas tostadas, las cuales son rebanadas delgadas de papa que se fríen en grasa o aceite hasta que el porcentaje de humedad sea menor al 2%. Otros *snacks* son hechos a partir de pellets, los cuales se obtienen de diferentes componentes principalmente a base de almidón y al freírse los pellets se expanden impartiendo una textura crujiente específica (Kita, 2011).

La fritura produce cambios físico-químicos en los principales componentes de los alimentos, como por ejemplo la gelatinización y deshidratación del almidón, desnaturalización de las proteínas, deshidratación de los tejidos y absorción de grasa; son estos cambios los responsables de la textura crujiente de los *snacks*. En la microestructura de las papas tostadas se ha identificado una capa exterior delgada formada por células dañadas durante el rebanado, una capa intermedia de células encogidas y deshidratadas en la corteza que se extiende hasta el frente de evaporación y un núcleo de células hidratadas que contienen almidón gelatinizado. Además puede ocurrir desnaturalización de las proteínas y cambios en la calidad proteica debido a la reacción de Maillard con aminoácidos, reducción del aire intercelular y absorción de aceite (Fellows, 2009).

Con respecto al consumo de este tipo de productos, para el año 2018 la subcategoría de *snacks* salados con mayores ventas a nivel mundial eran los procesados, lo que se entiende como extruidos o hechos a base de maíz, con casi un 35% del valor del mercado. Mientras que en segundo lugar se encuentran las papas tostadas en sus diferentes presentaciones, que abarcan cerca de un 25% de las ventas en el mercado. Cabe destacar que Estados Unidos representa una tercera parte del valor del mercado mundial de los *snacks* salados y cerca de un 30% corresponde a los países del Pacífico asiático (MarketLine, 2018).

3.3.3. Sodio en *snacks* fritos

La materia prima base utilizada en la elaboración de *snacks* salados es de sabor suave, por lo que es necesario agregarles un sazónador. Generalmente se utiliza sal u otros sabores, siendo la sal prácticamente esencial, ya que es el vehículo para los diferentes sabores y para hacer que la distribución de los compuestos de sabor sea la correcta. Este tipo de productos aparentan ser muy salados, debido principalmente a que la sal o el sazónador se encuentran en la superficie, sin embargo, no necesariamente sus contenidos de sodio son tan altos (Ainsworth y Plunkett, 2007).

Según un estudio realizado por Montero-Campos y colegas (2015), se encontró que en dos marcas nacionales de papas tostadas el contenido de sodio era de 430 y 491 mg sodio/100 g de producto. En Colombia, para este mismo producto se encontraron valores de sodio de 533 y 571 mg/100 g de producto. Como se mencionó anteriormente, los *snacks* se perciben más salados que otros productos, como por ejemplo el pan, sin embargo, en el mismo análisis hecho en Colombia se vio que para el pan blando el contenido de sodio por porción era de 560 mg, mientras que, para las papas tostadas fue de 160 mg (Carmona *et al.*, 2014).

3.4. Fritura convencional

La fritura, técnicamente, corresponde a métodos de cocción de alimentos por medio de la inmersión en aceite comestible (principalmente de origen vegetal) o grasa caliente, por sobre el punto de ebullición del agua (160-180°C). Las altas temperaturas durante el proceso de fritura de los alimentos causan la evaporación del agua, transfiriéndola del alimento al aceite circundante. Mientras que, el aceite absorbido por el alimento reemplaza en parte el agua liberada, llegando a constituir hasta un 40% del producto final, influenciando así todas sus propiedades sensoriales, especialmente sabor, color y aroma (Morales *et al.*, 2016).

La fritura por inmersión es un método usado comúnmente por la industria alimentaria para la elaboración de *snacks* como papas tostadas. En este método el aceite cubre el alimento y todas las superficies reciben prácticamente el mismo tratamiento térmico, con el fin de obtener un color y apariencia uniforme. El calor es transferido por convección a la superficie del alimento y por conducción en el interior del mismo (Marinos-Kouris *et al.*, 2015).

Cuando el alimento es introducido en el aceite caliente, el calor convectivo es transferido a través de una capa limitante de aceite, esto provoca que la superficie del alimento alcance en pocos segundos una temperatura de 100 °C. La siguiente etapa es la ebullición, en la cual la humedad de la superficie se evapora haciendo que burbujas de vapor escapen al aceite, lo que provoca turbulencia y reduce la capa límite de aceite que rodea el alimento. En la última etapa, la humedad es removida del alimento progresivamente, se forma la corteza y la temperatura de la superficie aumenta, en esta etapa hay menor turbulencia que en la anterior (Fellows, 2009).

Se pueden identificar tres diferentes fracciones de aceite que son consecuencia de los distintos mecanismos de absorción en las papas. El primer tipo es el aceite estructural, el cual es absorbido durante la fritura; el segundo tipo es el aceite penetrado en la superficie, que fue

succionado por el alimento durante el enfriamiento después de salir del freidor. Por último, está el aceite de la superficie que, como lo indica su nombre, permanece en la superficie del alimento. Se ha demostrado que solo una pequeña cantidad del aceite se absorbe durante la fritura, ya que la mayoría del aceite penetra el alimento durante el enfriamiento (Pedreschi, 2009).

El aceite estructural se debe al mecanismo de transferencia de masa entre el medio de fritura y el agua que se está evaporando. La pérdida de humedad provoca cambios en la estructura celular del alimento, (Kita, 2011). El aceite penetra en el alimento en donde se deshidrató, ya que tiene una estructura porosa, compuesta por capilares de diferentes tamaños. Mientras más agua se evapora y aumenta el grosor de la corteza, el alimento absorbe más aceite (Marinos-Kouris *et al.*, 2015).

Por otra parte, el aceite penetrado en la superficie se absorbe durante el enfriamiento, cuando la presión subatmosférica interna se reduce como resultado de la condensación, lo que produce el llamado "efecto de vacío", que permite que la grasa penetre en el producto. Esta penetración se limita a aproximadamente 1 mm de profundidad (Kita, 2011).

La velocidad y la eficiencia del proceso de fritura dependen de la calidad y la temperatura del aceite, esta suele estar entre 150 y 190 °C, favoreciendo un alto índice de deshidratación y un menor tiempo de proceso (Lucas *et al.*, 2011). Se ha demostrado que temperaturas de fritura más altas provocan una absorción de grasa menor. De acuerdo con un estudio hecho por Pedreschi (2009), este fenómeno se debe a que en los primeros minutos de la fritura (hasta 4 minutos) se absorbe casi el 75% del contenido de aceite que tiene el grupo control de papas tostadas (con un 1,8% de humedad). Después de ese intervalo de tiempo, el contenido de aceite total permaneció casi constante. Sin embargo, cuando las temperaturas de fritura fueron menores, el tiempo requerido para alcanzar la humedad del 1,8% fue mayor, provocando un aumento en el aceite total.

En la fritura de las papas tostadas, para controlar el contenido de aceite, los productores seleccionan las variedades de papas con mayor contenido de sólidos totales. Además, buscan un rebanado grueso con la menor superficie de contacto para evitar la absorción de aceite y utilizan altas temperaturas y tiempos de residencia cortos (Gould, 2002).

La fritura pretende hacer que los alimentos sean más palatables y con mejor sabor, pero a la vez se obtienen productos más seguros, ya que durante la fritura se da la destrucción de

microorganismos y enzimas, así como la reducción del agua disponible. Por esa razón, la vida útil de los snacks, que son deshidratados mediante la fritura, está limitada por el deterioro del aceite absorbido durante la fritura y el desarrollo de olores y sabores rancios (Marinos-Kouris *et al.*, 2015)

3.5. Aplicación tópica de la sal

Una de las principales características de cualquier *snack* es el sabor del producto terminado. Se debe buscar un producto consistente con las características que el consumidor espera. Muchos de los *snacks* son salados, como es el caso de las papas tostadas. La sal es el ingrediente de menor costo utilizado para resaltar el sabor de los chips. Según recomendaciones de *Food Snack Association* el contenido de sal debe ser de 1,75%, con un intervalo de $\pm 0,25\%$ (Gould, 2002). Sin embargo, esos valores han ido disminuyendo con los años por la tendencia del consumidor de preferir productos con un menor contenido de sal (Barringer, 2013).

La cantidad de sal aplicada va a depender de diferentes factores, como el sabor al que se quiere llegar, el método de aplicación y la adhesión. Además, es importante que la distribución de la sal en el producto sea uniforme para mantener una apariencia y sabor constante (Enggalhardjo y Narsimhan, 2005).

3.5.1. Dosificación

Las papas tostadas, generalmente, se sazonan directamente al salir del freidor, ya que el sazonador se adhiere a la superficie de la papa mediante el aceite caliente. Este aceite funciona como un adhesivo para unir la sal o el condimento al producto (Ainsworth y Plunkett, 2007). Mientras mayor sea el contenido de aceite en la papa frita, la fuerza de adhesión de la sal va a aumentar (Enggalhardjo y Narsimhan, 2005).

Según lo encontrado por Buck y Barringer (2007), en las papas tostadas con un alto contenido de aceite en la superficie ($15,50 \text{ mg/cm}^2$) no existen diferencias en la adhesión de la sal al variar el momento de aplicación; mientras que, en papas con bajo contenido de aceite en la superficie ($1,59 \text{ mg/cm}^2$) al aplicar la sal un día después, el porcentaje de adhesión va a ser menor que si se hace con la papa recién frita. Esto se debe a un debilitamiento en las fuerzas capilares al disminuir el contenido de aceite en la superficie, así como la temperatura.

En la mayoría de aplicaciones tópicas de polvos, el recubrimiento es más eficiente cuando

se utilizan polvos finos que fluyen libremente. Este tipo de polvos producen una tasa de flujo más reproducible y se distribuyen de forma más uniforme en la superficie del producto. Sin embargo, los polvos más finos son más cohesivos y tienden a formar grumos. Al ser cohesivos o la humedad del ambiente ser muy alta (próxima a saturación), los polvos se acumulan y provocan que el recubrimiento del sazoador sea menos uniforme. Por esta razón es común usar agentes antiapelmazantes en polvos higroscópicos, inclusive en la sal muy fina. Estos agentes se añaden a otros polvos para evitar su aglomeración y mejorar su fluidez (Barringer, 2013).

3.5.2. Granulometría

Para conocer el tamaño de partícula existen diversos métodos, uno de los más comunes es el tamizado, en el cual se hace pasar la muestra en polvo por el tamiz superior de una serie de tamices apilados de forma vertical de mayor a menor apertura. Después del tiempo especificado de vibración, se anota la cantidad del polvo que quedó retenida en cada tamiz. El tamaño del tamiz se define como la apertura cuadrada mínima a través de cual puede pasar una partícula, por lo que a mayor tamaño o diámetro de tamiz más fina será la partícula (Barbosa-Cánovas *et al.*, 2012).

La sal se puede conseguir en el mercado en variedad de formas y tamaños. La sal se cristaliza al tamaño deseado o también la sal más gruesa se puede reducir mediante molienda. La forma más común de identificar el tamaño de la sal es por el tamaño del tamiz. Generalmente, se brinda el porcentaje retenido en cada tamiz de una serie de tamices, pero en algunos casos se indica solo un tamaño de tamiz, que corresponde al tamiz que retiene al menos un 50% de la sal. En el mercado se puede encontrar desde sal gruesa o de pretzel hasta sal extra fina que pasa por una malla 325 (Barringer, 2013).

La adhesión de la sal a la superficie de la papa disminuye al aumentar el tamaño de partícula. La adhesión de las partículas pequeñas de sal se debe principalmente a fuerzas de van der Waals. A pesar de que las partículas más grandes tienen mayor área de contacto que las pequeñas, las fuerzas de van der Waals por unidad de masa disminuyen, por esta razón las partículas pequeñas tienen mayor adhesión y su eficiencia es mayor en la aplicación tópica (Buck y Barringer, 2007).

3.5.3. Equipo utilizado

Existen dos equipos utilizados en la industria para el manejo de la dosificación: el tambor y

la cinta transportadora. En el caso de la cinta transportadora se debe tener en cuenta que la sal o el sazónador solo se impregna de un lado del producto. Por esta desventaja es que el uso del tambor es más usual en la industria de las papas tostadas, ya que logra un color y apariencia uniforme en todo el producto, lo que lo hace más eficiente (Ratanatriwong, 2004).

Mientras el tambor rota, el producto se eleva de manera longitudinal, alcanza una altura crítica, cae al tambor y es levantado nuevamente, lo que provoca que el producto (como las papas tostadas) se dé vuelta y sea sazónado por ambas caras. La sal o el sazónador se dosifican dentro del tambor como una cortina de polvo (Ainsworth y Plunkett, 2007).

Los tambores son cilindros horizontales con uno de los extremos elevados para que el producto fluya de un extremo a otro. Mientras las capas de producto se deslizan una sobre otra, se da transferencia del sazónador, provocando una distribución más uniforme. Si el alimento no tiene suficiente aceite superficial, se puede rociar aceite al inicio del tambor y después dosificar el sazónador o sal dentro del tambor (Barringer, 2013).

3.6. Reducción del contenido de sodio en *snacks*

La necesidad de productos procesados con un contenido bajo o reducido de sodio ha ido creciendo con el tiempo. Sin embargo, los productos bajos en sodio suelen ser percibidos como blandos e insípidos. Además, cuando los consumidores están acostumbrados a alimentos altos en sodio, los cambios o reducciones que se hagan resultan más notables y objetables (Drake *et al.*, 2011). La reducción en la sal solo funciona cuando hay una aceptación del producto de parte del consumidor y el grado de la reducción va a depender del nivel de sal presente en la dieta de la población meta (Ainsworth y Plunkett, 2007).

En un estudio hecho por Bobowski y colegas (2015), se realizó una comparación entre dos estrategias de reducción de sodio, para lo cual se utilizaron muestras de jugo de tomate. Las estrategias consistieron en realizar una reducción abrupta y una gradual, observando el agrado de un grupo de panelistas durante 16 semanas. Vale la pena resaltar de este estudio que, al hacer una reducción gradual se mantuvo la aceptación de los consumidores por el producto, ya que las reducciones se hicieron mediante umbrales de diferencia. Mientras que, al hacer una reducción de manera abrupta, el producto fue rechazado la primera vez que se probó, y el agrado fue aumentando con el tiempo. Sin embargo, para un producto en el mercado, un rechazo de esta manera puede provocar la pérdida de consumidores.

Otra de las estrategias propuestas para lograr una reducción del contenido de sodio en las papas tostadas es disminuyendo el tamaño de partícula de la sal. Según lo mencionado por Rama y colegas (2013), al disminuir el tamaño de las partículas de sal, el sabor salado se percibe más rápidamente y se percibe más sabor salado por unidad de sodio. Esto debido a que, el tamaño de partículas de los cristales de sal aplicados a las papas tostadas tienen un impacto significativo en la tasa de liberación de sodio en la saliva. Mientras mayor sea la concentración de sodio en la saliva, mayor será la percepción del sabor salado. Sin embargo, los autores de este estudio recomiendan realizar pruebas con consumidores, ya que la pérdida del sabor salado después de masticar ocurre más rápidamente al reducir el tamaño de los cristales de sal.

Además, se observó que al usar una mezcla de sales con tamaño de partícula reducido la efectividad aumenta. En este caso se combinó la sal con el uso de sustitutos de NaCl (KCl y glutamato monosódico) y se aplicó en papas en tiras ("*shoestring potatoes*"), logrando un producto con una reducción del contenido de sodio del 69% y que mantiene su calidad sensorial (Rodrigues *et al.*, 2016).

3.7. Análisis sensorial de alimentos

La evaluación sensorial es una ciencia cuantitativa en la que se recopilan los datos numéricos para establecer relaciones específicas entre las características de un producto y la percepción humana. Los métodos sensoriales se basan en gran medida en las técnicas de investigación conductual para observar y cuantificar las respuestas humanas. Por ejemplo, se puede evaluar la proporción de veces que las personas pueden discriminar pequeños cambios en un producto o la proporción de un grupo que expresa una preferencia por un producto sobre otro (Lawless y Heymann, 2010). En este caso, ambos análisis serán necesarios para determinar la reducción adecuada que se puede hacer en el producto, manteniendo la preferencia del consumidor.

Generalmente, se utilizan dos tipos de pruebas sensoriales: las objetivas y las subjetivas. Las pruebas objetivas suelen ser realizadas por panelistas capacitados y proporcionan datos objetivos sobre las propiedades sensoriales de los productos. Estas se dividen a la vez en dos clases, pruebas de discriminación y descriptivas. Las pruebas de discriminación son útiles en la evaluación de las diferencias sensoriales entre las muestras, mientras que las pruebas descriptivas mejoran la naturaleza o la magnitud de las diferencias sensoriales. Asimismo, las pruebas

subjetivas entregan datos subjetivos sobre la aceptabilidad, el gusto y la preferencia de los productos; son generalmente llevadas a cabo por jueces inexpertos y son conocidas también como pruebas afectivas o de consumo (Rizwan Sharif *et al.*, 2017).

Las pruebas sensoriales pueden ser de una cola o de dos colas. La cola se refiere a un segmento de la curva de distribución, la mayoría de las pruebas son de una cola, debido a que hay una única respuesta correcta, por ejemplo, en las pruebas de triángulo o n-AFC (escogencia forzada alternativa). Mientras que, en las pruebas de dos colas las respuestas no pueden ser clasificadas como correctas o incorrectas, por ejemplo en las pruebas de preferencia (Stone *et al.*, 2012).

Se debe tener en cuenta que, la credibilidad y éxito de un panel sensorial utilizado como herramienta depende del aseguramiento de que se siguen los procedimientos y prácticas aceptadas: del método que se usó, de cómo se eligió el diseño de prueba, del análisis de datos, entre otros factores. Finalmente, se debe llegar a recomendaciones prácticas que satisfagan a los interesados (Stone *et al.*, 2012).

3.7.1. Pruebas de discriminación

Las pruebas de discriminación son un grupo de los métodos de pruebas sensoriales clásicos. Se consideran métodos simples, rápidos y confiables para obtener información sensorial relevante sobre un proceso o cambio de ingrediente en el desarrollo del producto o para monitorear la calidad sensorial de los productos en el control de calidad (Adjei, 2017).

Este tipo de pruebas se utiliza para determinar si los productos son diferentes entre ellos; cuando un producto está siendo mejorado se utiliza una prueba de discriminación para saber si el consumidor está detectando una diferencia, y de hacerlo, se realiza otra prueba sensorial para conocer si el producto cambiado es mejor que el original. Dependiendo del objetivo de la prueba y del producto se utilizan diferentes métodos, entre ellos se pueden mencionar las comparaciones pareadas, la prueba de triángulo y el dúo-trío (Jacoby y King, 2002).

Dentro de las comparaciones pareadas existen dos métodos para realizar las pruebas, la primera es conocida como 2-AFC (escogencia forzada alternativa, por sus siglas en inglés), mientras que la otra es una comparación pareada o prueba de diferencia simple. La decisión de utilizar una o la otra depende del objetivo del estudio.

Las estrategias del cerebro para procesar la información se pueden explicar mediante el modelo de Thurstone, el cual se basa en dos ideas: la variación de la percepción del producto y la regla de decisión o estrategia cognitiva. Cuando un alimento es probado, la percepción de su sabor variará tras probarlo repetidamente. Debido a estas variaciones, la intensidad de la percepción del producto no va a ser constante, pero va a variar levemente de acuerdo a una distribución de la frecuencia que es usualmente asumida como normal. La altura de la distribución en una intensidad dada, indica el nivel de agrado de esa intensidad en un momento dado. Usando este enfoque, dos estímulos confundibles se pueden representar como dos distribuciones superpuestas. El grado de diferencia entre los productos se llama δ o d' , que es la distancia entre las medias de las distribuciones, medidas en términos de sus desviaciones estándar. Cuanto mayor sea la d' , más diferente será la percepción de los productos (O'Mahony y Rousseau, 2003).

El valor d' puede verse como una medida generalizada de la diferencia sensorial, la cual es independiente del método de prueba utilizado. Por lo tanto, d' puede usarse para comparar de manera precisa y sistemática las pruebas sensoriales y estudiar los efectos de los cambios en el diseño de la prueba y las instrucciones sobre el rendimiento de la prueba. De esta manera, las pruebas de diferencia sensorial se pueden optimizar y hacer más eficientes, haciendo que se requieran menos pruebas para obtener resultados de calidad similar (van Hout, 2014).

Un análisis sensorial correcto debe minimizar los errores en la medición, así como los errores en las conclusiones y decisiones. Una de las principales preocupaciones en los análisis sensoriales es la sensibilidad de la prueba a las diferencias entre los productos. El primer error, o el error Tipo I es encontrar una diferencia estadísticamente significativa entre los productos cuando en realidad no la hay. Los procedimientos estadísticos reducen este riesgo a un nivel cómodo, generalmente con un límite máximo del 5% de todas las pruebas que realizamos. Mientras que, el error Tipo II, se da al concluir que no hay diferencia cuando sí la hay, este error se puede minimizar con controles experimentales cuidadosos y mediante la selección y capacitación de los panelistas cuando sea apropiado. Además la prueba debe incluir un número suficiente de mediciones para asegurar una estimación estadística precisa y confiable de los valores que obtengamos, como medias o proporciones (Lawless y Heymann, 2010).

3.7.1.1. Prueba de discriminación 2-AFC

El 2-AFC es una prueba de comparación pareada especificada. Es una prueba de elección

forzada ya que el panelista debe hacer una elección. En el procedimiento, los panelistas seleccionan una muestra de un conjunto de dos, presentadas simultáneamente, que es mayor (o menor) en intensidad para un atributo conocido. Dada la simplicidad de esta prueba, puede ser llevada a cabo por cualquier grupo de panelistas, incluidos consumidores; sin embargo, no se deben mezclar diferentes grupos de panelistas (Adjei, 2017).

Las pruebas direccionadas, como el 2-AFC, son siempre más eficientes y potentes, ya que se le indica al panelista el atributo en el que las muestras difieren. Mientras que, en las comparaciones pareadas no se conoce el atributo diferente, lo que hace que pierdan potencia. No obstante, es importante que el especialista en sensorial pueda asegurar que las dos muestras difieren únicamente en un atributo específico; esto puede ser un problema, ya que es común que al variar un parámetro, otros resulten afectados. En ese caso, no sería apropiado utilizar una prueba de 2-AFC (Lawless y Heymann, 2010).

En este tipo de pruebas, el juez elige la muestra de mayor intensidad de percepción. Esta estrategia se conoce como descremado, ya que el estímulo de mayor intensidad es eliminado de la misma manera que se elimina la crema de la leche. En las pruebas no direccionadas se utiliza la estrategia de comparación de distancias, en la cual el juez ubica la muestra diferente como la que más se aleja de las otras dos muestras (Angulo y O'Mahony, 2009). Sobre la base del enfoque Thurstoniano, las pruebas de 3-AFC y 2-AFC, que utilizan la regla de decisión de "descremado", resultan ser estadísticamente las más poderosas, por lo que requieren un número menor de panelistas para detectar el mismo grado de diferencia o d' (O'Mahony y Rousseau, 2003).

En las comparaciones pareadas se sirven las muestras usando dos posibles presentaciones AB o BA, sin embargo, cuando se presenta más de un par de muestras a los jueces para que las evalúen, se debe aleatorizar el orden en el que se presentan para evitar que los jueces experimentados piensen que "saben" las respuestas. Además, es fundamental hacer saber a los jueces que un orden particular de servir no está relacionado con otro, y lo importante es que tomen en cuenta lo que están percibiendo en el producto que están evaluando (Stone *et al.*, 2012). Sin embargo, la aleatorización debe asegurar que el mismo número de panelistas reciba tanto la muestra A o como la B de primero (Lawless y Heymann 2010).

Para una prueba 2-AFC, se utiliza usualmente un α de 5% y una potencia de 95%, empleando estos valores se puede afirmar que la prueba tiene la capacidad de detectar las

diferencias el 95% de las veces, para una muestra de 40 personas (Ennis *et al.*, 2014). Además, se usa un $d'=1$, el cual puede ser considerado un valor de umbral en psicofísica. Como se explicó anteriormente, el valor d' mide la diferencia en la percepción de los productos (O'Mahony y Rousseau, 2003). La prueba es de una cola ya que el experimentador sabe cuál de las muestras tiene una mayor percepción del atributo específico (Lawless y Heymann, 2010).

En este tipo de prueba es común utilizar un “iniciador”, el cual consiste en una muestra del mismo producto, pero más diluida, que el panelista usa para preparar su boca al sabor de las muestras que va a probar, después de enjuagarse con agua. Es importante hacerle saber al panelista que al sabor de esta primera muestra (el iniciador) no debe ponerle atención (Ishii *et al.*, 2014).

3.7.2. Prueba de agrado general (aceptación)

Las pruebas de agrado general o aceptación se encuentran dentro de la categoría de pruebas sensoriales afectivas, otras pruebas dentro de esta categoría son las pruebas de preferencia u opiniones sobre productos (Melton, 2007). Para su realización, se selecciona una muestra aleatoria de posibles usuarios, entre 70 a 500 personas, con el objetivo de conocer la preferencia o aceptación de los consumidores sobre el o los productos de interés. Los resultados de ésta se utilizan para predecir el comportamiento de una población determinada, por lo que se recomienda hacer el panel con la mayor cantidad de gente posible (Ramírez-Navas, 2012).

Cabe destacar que este método no requiere una elección entre dos o más alternativas. En teoría, las pruebas de aceptación se pueden realizar en un solo producto. En esta prueba se utiliza una escala que mide el atractivo sensorial del producto y brinda información sobre el agrado o desagrado de las personas en un sentido absoluto (Lawless y Heymann, 2010).

Para medir el agrado y la preferencia del producto, el método más útil es la escala hedónica de 9 puntos. Esta escala es fácil de entender con pocas instrucciones para consumidores inexpertos y se ha demostrado que los resultados son bastante estables y las diferencias en el agrado del producto son reproducibles con diferentes grupos de personas (Stone *et al.*, 2012). En la Figura 1 se muestra un ejemplo de esta escala. Las palabras elegidas para cada opción de la escala se basan en diferencias aproximadamente iguales, determinadas por los métodos de Thurstone. Por lo tanto, psicológicamente, la escala tiene propiedades similares a una regla, que pueden no estar presentes en otras escalas de agrado (Lawless y Heymann, 2010).



Figura 1. Escala hedónica híbrida usada en las pruebas de consumidores para la evaluación del agrado general de las papas tostadas.

Las diferentes muestras se presentan a los panelistas codificadas con tres dígitos aleatorios y se les solicita que marquen el nivel de agrado en la escala, que va desde “me gusta extremadamente” a “me disgusta extremadamente”. Las muestras deben estar aleatorizadas y balanceadas para cada panelista. Cabe destacar que, al usar esta escala es posible clasificar dos muestras en la misma categoría (Ramírez-Navas, 2012).

3.8. Análisis por conglomerados (clusters)

El análisis por conglomerados o *clusters* consiste en un conjunto de herramientas que se utiliza para crear grupos a partir de objetos de datos multivariados. El objetivo es construir grupos con propiedades homogéneas a partir de muestras grandes heterogéneas. Los grupos o conglomerados deben ser tan homogéneos como sea posible y la diferencia entre los distintos grupos debe ser lo más grande posible (Härdle y Simar, 2012).

Existen dos tipos principales de análisis *clusters*: los jerárquicos y los no jerárquicos. En el primer grupo los grupos se forman en varios niveles, dependiendo del grado de correlación que existe entre ellos. Mientras que en los no jerárquicos los individuos se agrupan en un único nivel y a partir de un grupo principal se separan otros (Serrano-Gallego, 2003).

En los métodos jerárquicos se utilizan representaciones gráficas para facilitar la interpretación de los grupos, entre las más utilizadas están los dendogramas y las gráficas de ténpano. Además, existen diversas formas para determinar cómo se forma un grupo, entre las que se puede mencionar el vecino más cercano, donde se conforman los grupos usando el criterio de distancia mínima entre los elementos, el vecino más lejano y el vínculo medio. En este último se utiliza la media para calcular la distancia entre los grupos (Díaz-Rodríguez *et al.*, 2013).

Se utiliza también el Método de Ward, en el cual no se combinan los dos objetos más similares sucesivamente, sino que se combinan los objetos cuya fusión provoca la menor variación posible de la varianza general del *cluster*. Este análisis se recomienda cuando no se tienen valores

atípicos entre los datos (Mooi y Sarstedt, 2010).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización del proyecto

El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo en una planta procesadora de papas tostadas ubicada en la provincia de Cartago, así como en la sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica, en San Pedro de Montes de Oca, San José. En la planta de la empresa se realizó el proceso de elaboración de las papas tostadas, así como la medición de los parámetros de producción, mientras que los análisis físico-químicos necesarios se llevaron a cabo en el Laboratorio de Química del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA). Además, las pruebas sensoriales se realizaron en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Escuela de Tecnología de Alimentos, en la Facultad de Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de Costa Rica.

4.2. Materias primas

Las materias primas fueron proporcionadas en su totalidad por la empresa. Se utilizó papa (*Solanum tuberosum* L.) de diferentes variedades nacionales, así como papas importadas de Estados Unidos y Canadá, dependiendo de la disponibilidad de la empresa. Éstas fueron elegidas bajo sus parámetros de calidad. La sal utilizada es suministrada por un único proveedor, es sal refinada, con un 99,5 % de pureza, sin yodo ni flúor. Esta se aplica al producto directamente sobre el producto al salir del freidor.

4.3. Equipo utilizado para el procesamiento de las papas

Para el desarrollo del proyecto se utilizó el equipo con el que cuenta la empresa para la línea de papas tostadas. Un esquema de este equipo se presenta en la Figura 2.

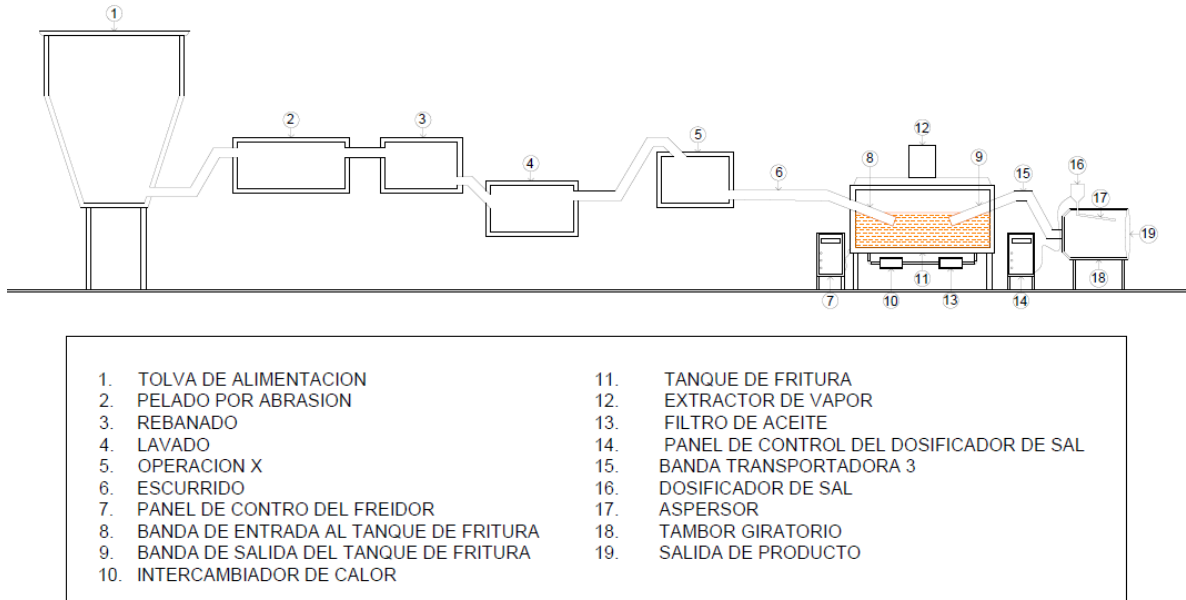


Figura 2. Diagrama del equipo para el procesamiento de papas tostadas de la empresa (elaboración propia).

4.4. Análisis de la variabilidad en el proceso de producción, en la materia prima y en el producto terminado.

4.4.1. Análisis de la variabilidad en el proceso de producción

Las condiciones del proceso de producción se relacionan directamente con el contenido final de sodio en las papas tostadas ya que afectan la adherencia de sal en la papa al salir del freidor. Resultan especialmente importantes las operaciones de fritura, la operación X y la dosificación de la sal. Estas operaciones son las que, en principio, tienen la mayor influencia en el contenido de sodio en el producto terminado.

Es por esta razón que se analizaron las condiciones utilizadas durante esas operaciones, con el fin de determinar la variabilidad que existe dentro y entre los distintos lotes de producción, para lo cual se midieron las condiciones en seis lotes. Posteriormente, se analizaron los datos de acuerdo con lo indicado en la sección 4.4.5.

El análisis de los lotes se hizo durante la producción regular de la empresa, el cual se extiende, generalmente, por ocho horas. Se muestreó el proceso en tres ocasiones, con excepción del lote 5 en donde se realizaron cuatro observaciones. La medición de los parámetros se hizo

procurando mantener una diferencia entre las tres tomas de muestra de 1,5 horas, con el fin de tener un rango de evaluación más amplio. Sin embargo, algunas mediciones se hicieron en un tiempo menor debido a cambios de turno o de la variedad de papa que se estaba procesando, específicamente al tomar las muestras 6 y 9 (producto terminado).

4.4.1.1. Parámetros evaluados durante la operación X.

La línea de proceso descrita en la Figura 2, cuenta con un tanque con disolución X donde las rebanadas de papa cruda son inmersas antes de ingresar al freidor. La concentración de la disolución X es monitoreada cada hora por un operario, el cual la corrige según sea la desviación en la concentración establecida.

Para la evaluación de esta operación se monitoreó la concentración de la disolución X y la frecuencia de muestreo, los cuales son parámetros controlados por la empresa mediante el Registro de control de la operación X. Para la concentración de la disolución X se anotó el valor registrado por el operario con una tolerancia de ± 10 minutos al momento de hacer la toma de datos. En los casos en los que el tiempo de anotación no coincidía con el momento del muestreo, se le solicitó al operario realizar la medición nuevamente. La concentración se midió utilizando un equipo con el que cuenta la empresa, el cual expresa la concentración de la disolución en mg/L y es calibrado por el operario.

4.4.1.2. Parámetros evaluados durante la operación de fritura.

Las condiciones en la operación de fritura afectan el producto final obtenido ya que provocan una variación en su contenido de grasa y de humedad, y, por lo tanto, en la adherencia de sal. Se monitorearon la temperatura de entrada del aceite, el flujo de alimentación y el tiempo de residencia. A continuación, se detallan cada uno de los parámetros medidos:

- Temperatura de entrada del aceite

La temperatura de entrada del aceite es dada por el panel de control del equipo, por lo que se anotó la temperatura indicada en éste para cada toma de datos realizada durante el proceso de producción. Además, se midió la temperatura de entrada del aceite utilizando un termo-registrador con el fin de comparar ambas, ya que en algunas ocasiones coincidió con lo mostrado por el panel de control, pero también se observaron diferencias de hasta 17 °C, siendo siempre menor la temperatura dada por el termo-registrador.

En esos casos, se anotó la temperatura dada por el termo-registrador debido a que se consideró esta medición de mayor confianza al conocer con exactitud el punto en el freidor en el que fue tomada y, asimismo, al tener seguridad de que el equipo utilizado se encontraba calibrado.

- Flujo de alimentación de papas

La determinación de este parámetro se realizó por triplicado en cada toma de datos. Se hizo recolectando en un recipiente plástico de 1 litro las rodajas que caen del tanque de lavado al tanque de la operación X, midiendo el tiempo (con cronómetro) que tardaba el recipiente en llenarse por completo. Posteriormente se pesaron las papas recolectadas en una balanza granataria, para determinar la masa alimentada en un tiempo dado y se promedió este valor, con el fin de determinar un flujo de alimentación promedio por cada toma de datos.

- Tiempo de residencia

El tiempo de residencia se determinó haciendo una única repetición para cada toma de datos. Para hacer la medición se tiñeron con colorante negro grado alimentario tres rodajas de papa cruda tomadas al salir del tanque de la operación X. Luego fueron colocadas en la entrada del freidor y se midió el tiempo que tardaron para salir del mismo, usando un cronómetro. Se anotó el tiempo para cada una de las papas y utilizó el valor promedio.

4.4.1.3. Parámetros evaluados durante la operación de dosificación de la sal.

La operación de dosificación de sal afecta la cantidad de sal que se adhiere al producto frito, por lo que las condiciones del tambor, así como la temperatura del producto fueron analizadas. Se explican a continuación los parámetros medidos en esta operación:

- Temperatura del producto durante la dosificación

Se realizó por triplicado una medición de la temperatura de los *chips* en la entrada del tambor, utilizando un termómetro de infrarrojo. Esta medida se hizo en diferentes puntos del tambor (en cada extremo y en el medio) y se promediaron las temperaturas obtenidas para cada toma de datos.

- Velocidad del tambor

Este parámetro afecta la homogeneidad con la que se distribuye la sal en el producto. Para su medición se hizo una marca visible en el tambor y se midió, con cronómetro, el tiempo requerido para que el tambor completara una vuelta, con el fin de determinar las revoluciones por minuto. Las mediciones se realizaron por triplicado en cada toma de datos y se reportó el promedio.

4.4.2. Análisis de la variabilidad de las materias primas y productos intermedios.

Las materias primas analizadas fueron las papas crudas y la sal, su análisis es de importancia ya que, la composición de éstas afecta la adherencia de sal. Además, se midió la composición de las papas tras diferentes etapas del proceso, con el fin de observar el efecto de la operación en el contenido de sodio. Las muestras se tomaron en los mismos seis lotes mencionados en 4.4.1.

4.4.2.1 Análisis de la variabilidad de las papas crudas.

- Contenido de sodio y humedad de papas crudas

Las papas presentan una variación natural en su composición que debe ser estudiada, por lo que resulta importante conocer el contenido inicial de sodio y humedad. Para este análisis se tomó una muestra de papas de 50 g al salir de la operación de lavado en las distintas tomas de datos y se analizó el contenido de sodio y contenido de humedad.

La metodología utilizada para cada análisis se detalla en el apartado 4.6: Análisis físico-químicos.

4.4.2.2. Análisis de la variabilidad de las papas crudas después de la operación X.

- Contenido de sodio y humedad de papas crudas impregnadas con disolución X

La empresa utiliza un tanque con disolución X antes de la operación de fritura, lo cual significa que el contenido de sodio en las papas se va a ver afectado entre el mismo y distintos lotes después de esta operación, sin tomar en cuenta la variabilidad de la operación de dosificación de sal. Para realizar esta prueba se tomó una muestra de 50 g de las papas al salir de la disolución X en cada toma de datos, con el propósito de evaluar la influencia de la concentración de la disolución X en la concentración de sodio de las rebanadas después de la inmersión.

Se analizaron el contenido de sodio y el contenido de humedad. Cabe destacar que este análisis se realizó únicamente en las muestras de los lotes 1, 2 y 3, ya que para los siguientes tres lotes esta operación había sido suprimida. La metodología utilizada para cada análisis se detalla en el apartado 4.6: Análisis físico-químicos.

4.4.2.3. Análisis de la variabilidad de las papas al salir del freidor.

- Contenido de sodio y humedad de papas después de la fritura

En este punto se estudió la cantidad de sodio proveniente de la operación X que queda adherido en la papa después de la fritura. Para esto se tomó una muestra de 50 g de papas al salir del freidor, durante cada toma de datos y se analizó el contenido de sodio. En el resto de este documento, las papas analizadas en esta etapa serán llamadas papas fritas sin sal. La metodología utilizada para este análisis se detalla en el apartado 4.6: Análisis físico-químicos.

4.4.2.4. Análisis de la variabilidad de la sal.

Debido a que el tamaño de la partícula afecta la adherencia de las partículas de sal en la papa tostada, se realizó un análisis granulométrico de tres lotes diferentes de la sal utilizada en la empresa. Se tomó una muestra de 500 g de sal los días en los que se realizaron los análisis de los lotes 1, 2 y 4. Para su análisis se siguió el procedimiento establecido por la ASTM con la designación D6913/D6913M-17 (ASTM International, 2017), y se obtuvo el análisis acumulativo donde se grafica la fracción de masa de sal acumulada en el tamiz versus la apertura de éste.

Se utilizó la serie de tamices US Standard, específicamente los tamices número 18, 25, 35, 45, 60, 80 y 120, y se hizo pasar una muestra de 300 g de sal. Para este análisis se realizó una única repetición por lote y se tomó la muestra directamente del saco que estaba en uso al momento de hacer las pruebas.

4.4.3. Análisis de la variabilidad del producto terminado.

Se analizó la composición final del producto terminado, para conocer la incidencia de los factores mencionados anteriormente y también las variaciones que existen en un mismo y entre distintos lotes. Para su determinación se tomó una muestra de 50 g antes de la operación de empaque, durante cada toma de datos. Además, una muestra de 300 g fue empacada en una

bolsa de polipropileno proporcionada por la empresa y almacenada para utilizarse posteriormente en el panel sensorial.

Las pruebas realizadas se listan a continuación:

- Contenido de sodio
- Contenido de humedad
- Contenido de lípidos

La metodología utilizada para cada análisis se detalla en el apartado 4.6: Análisis físico-químicos.

En la Figura 3 se muestra un diagrama de flujo de proceso, donde se indica a modo de resumen las mediciones realizadas durante el proceso de producción, así como los momentos de toma de muestra y los análisis químicos realizados a éstas.

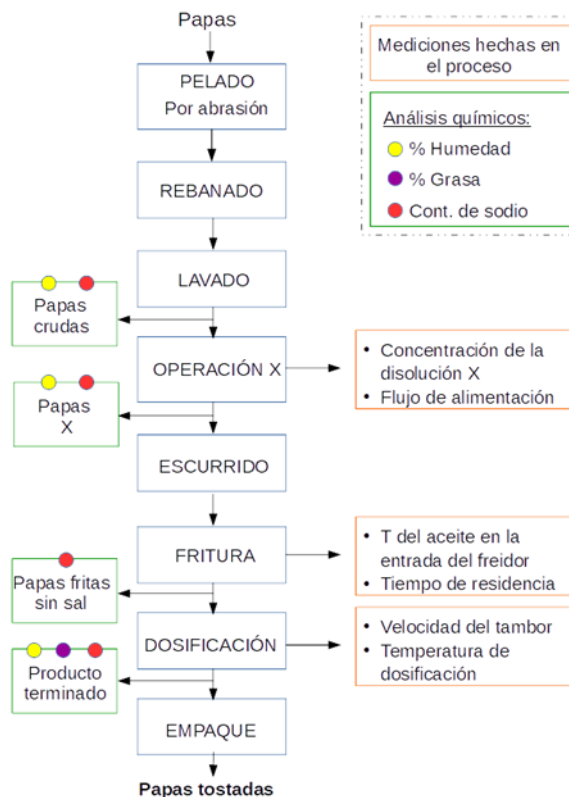


Figura 3. Diagrama de flujo de proceso de producción de papas tostadas, con la indicación de las mediciones realizadas.

4.4.4. Análisis de la variación del producto terminado sobre la percepción sensorial.

Para la realización de esta prueba se escogieron, mediante un panel informal con seis personas (incluido el comité asesor), tres muestras de papas entre las que se esperaba existiera una diferencia perceptible para los consumidores. Para esto se buscó elegir muestras con un rango amplio de diferencia en el contenido de sodio. Además, se descartaron algunas muestras que no mantenían la crujencia o presentaban sabores extraños. De esta forma, quedaron definidas tres muestras para presentar al panel sensorial de agrado. Se incluyó también una muestra de papas tostadas sin sal dosificada, con el fin de tener una muestra “control” cuyo agrado fuera menor al de las muestras estudiadas

Se realizó un panel sensorial de agrado general con 115 consumidores, en donde se utilizó una escala híbrida (Figura 1). Haciendo uso de esta escala, los panelistas indicaron el nivel de agrado para cada una de las muestras analizadas. Las cuatro muestras fueron presentadas a los panelistas en recipientes plásticos, en forma balanceada, aleatorizada y utilizando una codificación de tres dígitos. El panel se realizó en cubículos individuales con luz blanca y cada muestra consistía en la mitad de una papa tostada (aproximadamente 1,5 g). Se le pidió a los participantes enjuagarse con agua dos veces entre cada muestra y expectorar los enjuagues.

4.4.5. Diseño experimental y análisis estadístico.

Para la evaluación de las variables respuesta de la materia prima (contenido de sodio y humedad de las papas crudas y granulometría de la sal), los productos intermedios (concentración de la disolución X, contenido de sodio y humedad de las papas X y contenido de sodio de las papas fritas sin sal) y el producto terminado (contenido de humedad, contenido de lípidos, contenido de sodio) se utilizó un diseño experimental irrestricto aleatorio, donde se analizó como único factor el lote y se tomó en cuenta la variabilidad dada por el proceso de producción. Se analizaron seis lotes y se muestreó tres veces en cada lote, con excepción del lote 5 durante el cual se realizaron cuatro observaciones, para un total de 19 muestras.

Debido a que el proyecto se realizó en conjunto con una empresa durante la producción de papas que serían posteriormente comercializadas, se dieron diferencias entre los lotes, tales como la eliminación de la operación X a partir del lote 4, variación de los parámetros de proceso estudiados para que se ajusten a las diferentes variedades y tamaños de papas utilizadas, además

de diferentes operarios a cargo de la línea. Estas situaciones provocaron que no fuese posible un control estricto a nivel experimental y por lo tanto, los datos obtenidos para los diferentes lotes y muestras no se pudieron comparar utilizando estadística inferencial.

Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva, utilizando promedios y desviaciones estándar para los contenidos de humedad y sodio de las papas en las diferentes etapas y en el producto terminado, así como un diagrama de dispersión para los contenidos de sodio de este último. Asimismo, para los parámetros medidos durante el proceso mencionados en la sección 4.4.1 se utilizó estadística descriptiva mediante el cálculo del coeficiente de variación.

Los datos obtenidos en la prueba sensorial se analizaron mediante un análisis de *clusters*, que, como se mencionó en la sección 3.8, agrupa los datos utilizando diferentes técnicas, en este caso el método de Ward. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0,05$) en aquellos casos donde se encontraron diferencias significativas. Todo lo anterior se hizo utilizando el software estadístico XLSTAT® (Addinsoft, Francia).

4.5. Evaluación del efecto de reducción de sodio en papas tostadas y su percepción sensorial.

4.5.1. Caracterización de la operación de dosificación.

En la operación de dosificación, el flujo de dosificación de sal que se aplica al producto se puede variar de acuerdo a las condiciones indicadas en el panel de control, es este parámetro de proceso el que va a influir principalmente en el contenido de sodio del producto final. Por lo tanto, se realizó una caracterización de la operación de dosificación mediante la determinación de la relación entre el flujo de dosificación de sal, las revoluciones por minuto del dosificador (las cuales se pueden ajustar en el panel de control) y el contenido final de sodio en las papas tostadas.

Para realizar esta prueba se evaluaron seis niveles en el dosificador, los cuales fueron elegidos tomando en cuenta las condiciones usuales de la empresa y luego disminuyendo las revoluciones por minuto para así lograr un producto reducido en sodio. Las condiciones del dosificador utilizadas se muestran en el Cuadro I.

Cuadro I. Niveles del dosificador utilizados en la evaluación de la operación de dosificación.

Muestra	Nivel del dosificador (rpm)
1	N1
2	N2
3	N3
4	N4*
5	N5*
6	N6

*Condiciones normales utilizadas por la empresa.

Para cada nivel analizado se estudió el flujo de alimentación de las papas, la velocidad del tambor y la concentración de la disolución X, siguiendo la metodología descrita en la sección 4.4.1. Además, se analizó el contenido de sodio de las papas fritas sin sal y el contenido de humedad, grasa y sodio del producto terminado, tomando una muestra de 50 g. La metodología utilizada para cada análisis se detalla en el apartado 4.6: Análisis físico-químicos. En cada condición se tomó una muestra de 300 g de papas tostadas para ser utilizada en las pruebas sensoriales.

Para determinar el flujo de dosificación de la sal, se colocó un recipiente en la salida del dosificador de sal (Figura 2, #16) donde se recolectó la masa de sal dosificada en 30 segundos, medidos con un cronómetro. La medición del flujo de dosificación se realizó por triplicado mientras la producción estaba detenida y se hizo para los mismos seis niveles de dosificación detallados en el Cuadro I.

4.5.2. Evaluación de la percepción sensorial de las papas tostadas reducidas en sodio.

Para determinar si el consumidor percibía diferencias en el sabor salado entre los prototipos de papas tostadas reducidas en sodio, se realizó una prueba de diferenciación direccionada 2-AFC entre tres de las muestras realizadas en 4.5.1 y una muestra control, que corresponde al producto con el mayor contenido de sodio obtenido también 4.5.1, el cual es comparable con el producto que comercializa la empresa actualmente. Se eligieron las muestras buscando tener tres pares en donde la diferencia del contenido de sodio con el control fuera en aumento hasta llegar a la máxima diferencia posible. Se utilizaron las muestras 2, 4 y 6, y la muestra 5 como control, según el Cuadro I.

La prueba se realizó con 60 panelistas no entrenados, consumidores habituales de papas tostadas, tomando en cuenta una potencia del 95%, un $\alpha = 5\%$ y un $d' = 0,80$ (Ennis & Jesionka, 1993). Se presentaron tres sets de papas tostadas por panelista, cada uno con dos pares de muestras, siendo una la de mayor contenido de sodio y la otra la de menor contenido de sodio, todas codificadas con números de tres cifras. Las muestras fueron dadas a los jueces en cubículos individuales con luz blanca, en forma aleatorizada y balanceada. Se les pidió que las probaran de izquierda a derecha y que eligieran aquella que percibieron como más salada.

Se utilizó como *primer* o iniciador la muestra con el menor contenido de sodio, indicándoles a los participantes que esta muestra no debía ser evaluada. Se les pidió además, enjuagarse dos veces con agua entre cada set y expectorar los enjuagues. En la Figura 4 se muestra un ejemplo de la bandeja proporcionada a los panelistas.

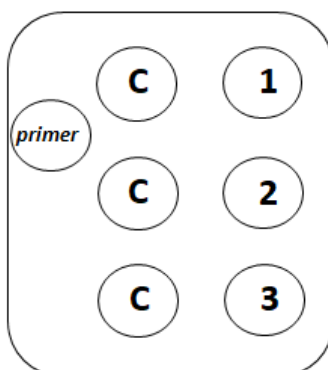


Figura 4. Ejemplo de la bandeja presentada a los panelistas para la prueba de 2-AFC (el orden fue variado aleatoriamente para cada panelista, el dibujo es con fines ilustrativos).

4.5.3. Análisis estadístico

Los resultados de los parámetros analizados (concentración de la disolución X, flujo de alimentación de las papas, flujo de dosificación de la sal y velocidad del tambor) fueron analizados mediante estadística descriptiva, utilizando promedios y desviaciones estándar.

Los datos obtenidos en la prueba de discriminación se analizaron mediante un análisis binomial de una cola, con $\alpha = 0,05$, con el fin de determinar si existían diferencias significativas entre los pares de productos presentados. Para ello se utilizaron las tablas desarrolladas por Ennis *et al.* (2013).

4.6. Análisis físico-químicos

4.6.1. Análisis de contenido de lípidos

En este caso se realizó la determinación de lípidos en el producto terminado bajo el protocolo de laboratorio P-SA-MQ-005. En este se define el procedimiento necesario para la determinación de grasa cruda por extracto etéreo, basado en el método descrito por Carpenter y Sullivan (1993). Se midió una sola réplica dado que se cuenta con material de referencia certificado y los datos se expresaron como g/100 g \pm incertidumbre.

4.6.2. Análisis de contenido de sodio

Para la determinación del contenido de sodio en las papas crudas, las papas X, las papas fritas sin sal y el producto terminado, se siguió el protocolo de laboratorio P-SA-MQ-035 (CITA, 2016_b), el cual se basa en el método de la AOAC 985.35 (AOAC, 2012). En este se describe el procedimiento necesario para la determinación del contenido de sodio mediante emisión atómica. Se midió una sola réplica dado que se cuenta con material de referencia certificado y los datos fueron expresados como g/100 g \pm incertidumbre.

4.6.3 Análisis de contenido de humedad

Para la determinación del contenido de humedad en las papas crudas, papas X y producto terminado se siguió el protocolo de laboratorio del CITA P-SA-MQ-80, utilizando el analizador termogravimétrico (TGA) (CITA, 2017), este análisis se encuentra validado por el método de la estufa y se realizó por duplicado.

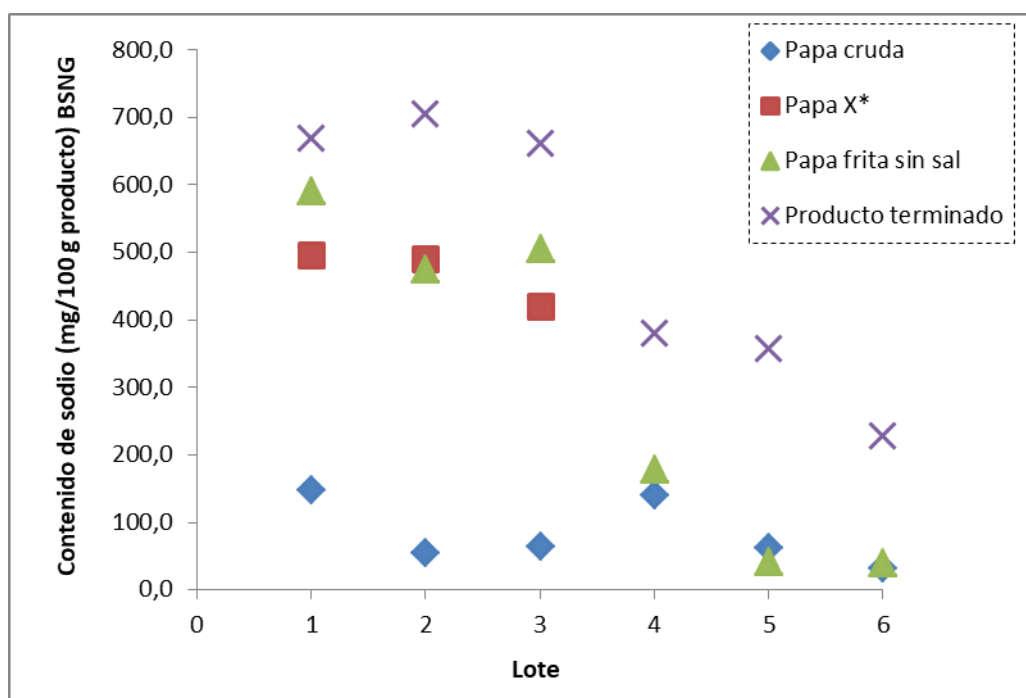
El equipo trabaja a una temperatura de 85 °C y va registrando la pérdida de masa durante el tiempo; en el momento en que la pérdida de masa es menor a 0,3% el análisis finaliza. Este análisis reporta directamente el contenido de humedad en la muestra analizada.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis de la variabilidad del contenido de sodio durante el proceso de producción, en la materia prima y en el producto terminado y su efecto en la percepción sensorial en papas tostadas con sal.

5.1.1. Variabilidad en el proceso de producción

En la Figura 5 se muestra la variación en el contenido de sodio de las papas tostadas durante las diferentes etapas del proceso, de acuerdo a las tomas de muestra señaladas en la Figura 3. Los resultados se expresan en base seca no grasosa (BSNG) con el fin de que las diferencias en los contenidos de grasa y humedad entre las muestras no afecten la determinación del promedio del contenido de sodio. Los datos utilizados para la construcción del gráfico se encuentran en la sección 9.1 (anexos, Cuadro VII).



*La operación X se utilizó únicamente para los lotes 1, 2 y 3.

Figura 5. Variación del contenido de sodio en las papas, durante el proceso de producción, para los diferentes lotes analizados.

Como se aprecia en la Figura 5, la utilización de la operación X antes de la fritura aporta la mayoría del sodio en los lotes que pasaron por esta etapa, tal como ocurre en los primeros tres lotes; en los lotes 4, 5 y 6 la operación X fue eliminada por decisión de la empresa. Vale la pena

destacar que el sodio aportado por la disolución X se encuentra incorporado en la matriz del producto final, mientras que la sal añadida durante la etapa de dosificación se adhiere a la superficie de las papas, lo que podría sugerir que esta última se perciba con mayor intensidad (Ainsworth y Plunkett, 2007). Es decir, a pesar de que los contenidos de sodio varían hasta en 300 mg entre los lotes en los que se utilizó la operación X y aquellos en los que no se usó, la variación a nivel sensorial podría no ser tan importante.

Además, como es de esperar, se puede ver que el proceso de fritura no provoca un aumento en el contenido de sodio de las papas (teniendo en cuenta que los datos están en BSNG). Sin embargo, a pesar de que no se observe en los resultados que haya una disminución en el contenido de sodio de las papas durante la fritura, es posible que una parte del sodio utilizado en la disolución X permanezca en el aceite de fritura, por lo que se recomienda un estudio posterior de esta hipótesis, ya que las sustancias presentes en la disolución X podrían disminuir la calidad y vida útil del aceite (Reglamento para los Servicios de Alimentación al Público No. 37308-S, 2012).

En el caso del lote 5, se observó un aumento gradual en el contenido de sodio del producto terminado (Cuadro VIII, anexos), que sugería que se realizó un aumento en la cantidad de sal dosificada al producto. No obstante, al analizar estos datos en conjunto con el flujo de alimentación se observó una relación inversa con este parámetro, como se muestra en la Figura 6. Se muestra en la figura el porcentaje de aplicación, que corresponde a la relación entre la diferencia del contenido de sodio de la papa frita sin sal y del producto terminado, y el contenido de sodio de este último.

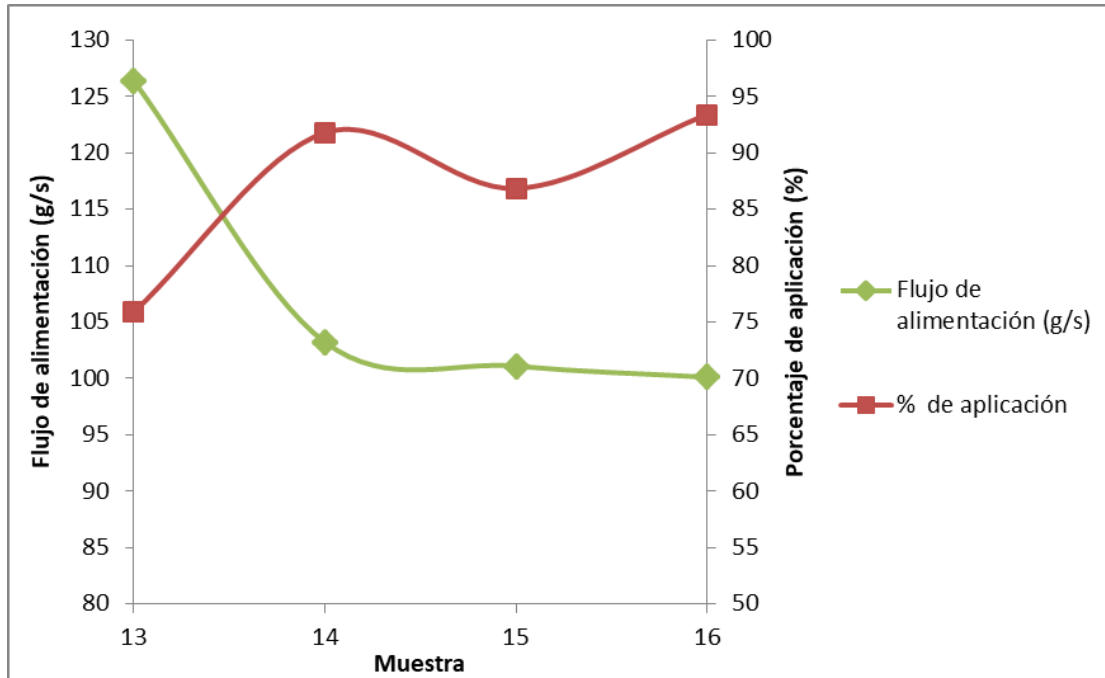


Figura 6. Relación del flujo de alimentación de las papas y el porcentaje de aplicación de la sal, según lo observado en el lote 5.

Tal y como se ilustra en la Figura 6, los resultados observados para el lote 5 sugieren que existe una relación inversamente proporcional entre el flujo de alimentación de las papas durante el proceso sobre la cantidad de sal adherida de manera tópica al producto durante la operación de dosificación. Pues, como se observa de forma clara para la muestra 13, cuando el flujo de alimentación de las papas es mayor, el porcentaje de aplicación disminuye. A pesar de que las características del tambor hacen que se dé una distribución uniforme de la sal por la vibración y elevación del producto (Barringer, 2013), la dosificación de la sal se mantiene constante durante el proceso, mientras que, el flujo de alimentación puede variar, provocando que haya mayor o menor cantidad de producto en el tambor. Al darse esta condición (en este caso, mayor cantidad de producto en el tambor), las papas van a recibir menos sal y por lo tanto el porcentaje de aplicación será menor.

Al utilizar el tambor y dosificar la sal como una “cortina” se busca la mayor uniformidad en la aplicación de la sal, para de esta manera lograr un producto consistente, sin embargo, para alcanzar esto es fundamental mantener un flujo de alimentación constante (Hanify, 2002). Como se observó, una variación en el flujo de alimentación produce cambios en el producto final, inclusive para un mismo lote, y esto podría afectar la aceptación del consumidor al producto.

Como se explicó en la sección 4.4.1.2., el flujo de alimentación se midió en la entrada del tanque de la operación X. Sin embargo, como se aprecia en la Figura 2, el proceso inicia en la tolva de alimentación, en donde las papas caen después de pasar por una banda transportadora en la que se hace la selección de forma manual. Las papas son agregadas a la tolva de acuerdo a la cantidad que se planea producir y al iniciar el proceso se van agregando constantemente. La variabilidad observada apunta a que existen fluctuaciones en el flujo de alimentación hacia la tolva o en las operaciones anteriores a la operación X.

En el cuadro II se presenta el coeficiente de variación del total de mediciones hechas en el proceso, descritas en la Figura 3.

Cuadro II. Coeficiente de variación (n = 19) para los parámetros medidos durante el proceso de producción de papas tostadas.

Medición	Coeficiente de variación
Concentración de la disolución X	10,82
Flujo de alimentación	9,04
Temperatura de entrada	3,11
Tiempo de residencia	9,07
Temperatura de dosificación	6,12
Velocidad del tambor	2,68

Para este análisis se utilizó el coeficiente de variación como parámetro de evaluación de la variabilidad para las diferentes mediciones realizadas. Teniendo en cuenta los datos presentados en el cuadro anterior, se observa que los parámetros con el coeficiente de variación mayor corresponden a la concentración de la disolución X, así como el tiempo de residencia y el flujo de alimentación. Como se explicó en la sección 4.4.2.2., la concentración de la disolución X se midió únicamente para los primeros tres lotes, pues para los lotes 4, 5 y 6 la operación X fue eliminada por decisión de la empresa. Se puede ver en el Cuadro II que esta condición varió de manera importante, lo que afecta el contenido de sodio de las papas fritas sin sal y demuestra que de los parámetros analizados, éste es el que tiene la mayor variabilidad.

La variación observada para el flujo de alimentación es de las más altas, fluctuando inclusive dentro del mismo lote, como se mostró en la Figura 6, lo que afecta de forma directa el

contenido de sodio en el producto terminado, lo que podría tener, a la vez, un efecto en el agrado del consumidor. En cuanto al tiempo de residencia y la temperatura del aceite en la entrada del freidor, son condiciones del equipo, que deben ser variadas con el fin de adaptarlas a las características de la materia prima (por ejemplo, su variedad o tamaño) (Oyedeki *et al.*, 2017), por lo cual es esperable la variabilidad que presentan teniendo en cuenta que la variedad de papa era distinta entre los lotes analizados.

En el caso de la temperatura de dosificación, esta medición va a verse afectada también por el tamaño de la papa que se utilizó, por la temperatura del aceite de fritura y otros posibles factores, por lo que se podría atribuir su variación a un comportamiento normal para este parámetro. La velocidad del tambor es el parámetro con el coeficiente de variación más bajo para los seis lotes analizados, lo que permite concluir que esta condición no varía entre las diferentes muestras analizadas, además de que es sencillo controlarla.

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante que la empresa controle adecuadamente los diferentes parámetros del proceso, definiendo las condiciones que deben ser variadas de acuerdo a las características de la materia prima. Además, deben identificar cuales parámetros presentan un mayor rango de variación, ya que esto tiene un efecto sobre el contenido de sodio y otras características del producto terminado como la humedad, la textura y el contenido de grasa (Kita 2014).

5.1.2. Variabilidad en el producto terminado

En la Figura 7 se muestra la variabilidad encontrada en el contenido de sodio del producto terminado, para los diferentes lotes analizados

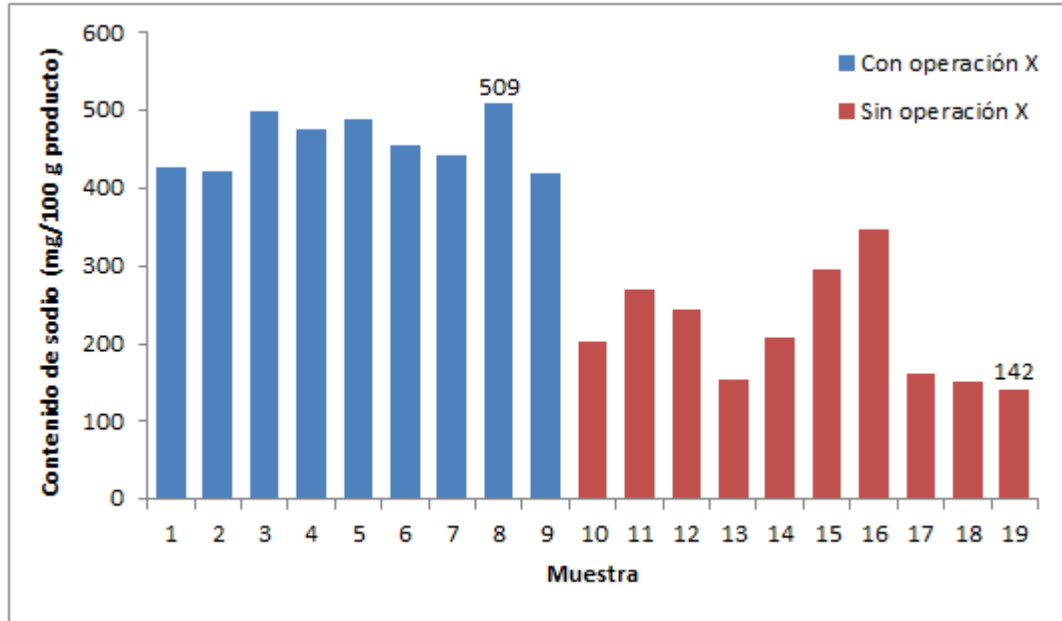


Figura 7. Contenido de sodio en el producto terminado, para las muestras analizadas.

Se puede observar en la Figura 7 que, tal y como se mencionó anteriormente, el sodio varía de manera importante entre el total de muestras analizadas, pues se tienen valores desde los 142 hasta los 509 mg de sodio en 100 gramos de producto. Debe tenerse en cuenta que el análisis se realizó para seis lotes distintos en un lapso de 3 meses, durante los cuales la empresa varió las condiciones del proceso, principalmente al eliminar la operación X.

Los datos en la Figura 7 muestran que la variación fue mayor cuando no se utilizó la operación X, este comportamiento podría sugerir que la eliminación de esta operación afectó otras condiciones del proceso, principalmente la dosificación, ya que en estos lotes el sodio en el producto terminado proviene únicamente de la dosificación, haciendo que se tuviera que aumentar la cantidad de sal dosificada y trasladando la variación debida a esta operación al contenido final de sodio. Y, como se vio, la dosificación se puede ver afectada directamente por el flujo de alimentación de las papas, así como por el contenido de grasa en el producto terminado y el tamaño de partícula de la sal (Buck y Barringer, 2007).

En la Figura 8 se presenta gráficamente el contenido de sodio para las diferentes muestras analizadas, así como el valor reportado en la etiqueta con su respectiva tolerancia.

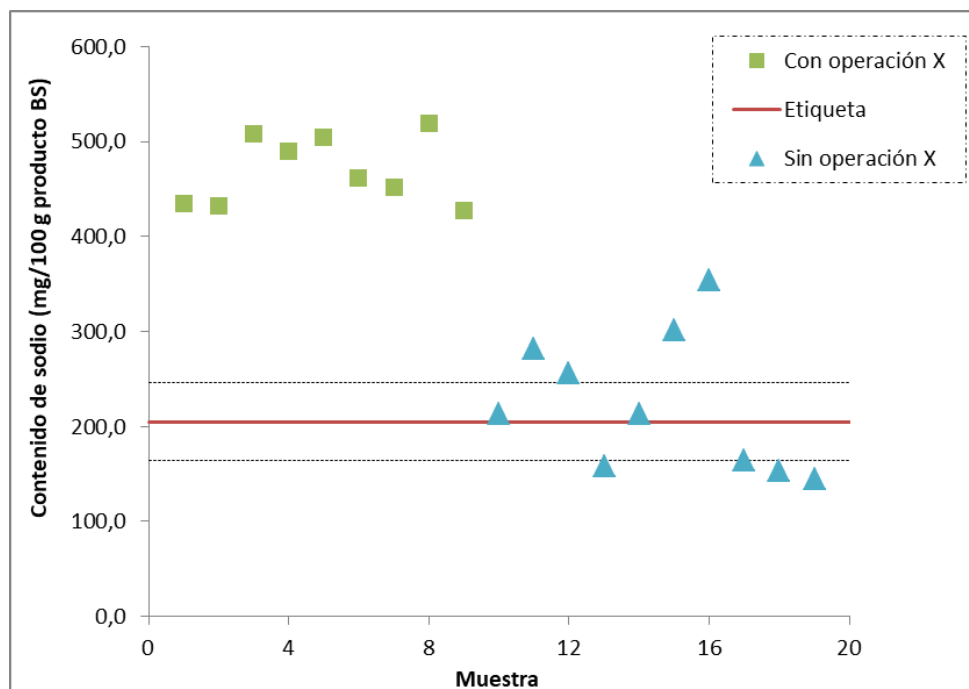


Figura 8. Variación del contenido de sodio en las muestras analizadas y valor de sodio reportado en la etiqueta con una tolerancia del 20%.

De acuerdo con los resultados de las muestras analizadas, la etiqueta no está reflejando el contenido real de sodio del producto. Según el Reglamento Técnico Centroamericano 67.01.60:10 (2005), la finalidad del etiquetado nutricional es dar información veraz para que el consumidor pueda escoger el producto tomando en cuenta su contenido nutricional, por lo que una inconsistencia entre el contenido real del producto y la etiqueta, genera un incumplimiento en este sentido.

Además, este mismo reglamento establece que la tolerancia aceptada en el contenido de sodio es de un $\pm 20\%$ respecto al valor de sodio reportado en la etiqueta. Sin embargo, en la Figura 8 se observa que únicamente tres de las muestras analizadas se encuentran dentro del rango de tolerancia según el contenido de sodio que reporta la empresa en la etiqueta; mientras que, tres de las muestras están por debajo y trece por encima. Teniendo en cuenta esta información, se decidió consultar la etiqueta nutricional de diferentes marcas de papas tostadas de venta en la GAM, con el fin de comparar el contenido de sodio que reportan con el de las papas de la empresa estudiada. Los resultados se muestran en el Cuadro III.

Cuadro III. Contenido de sodio reportado en la etiqueta nutricional en papas tostadas vendidas en los principales supermercados de la GAM

Marca de papas	Sodio reportado para 100 g (mg)
A (empresa en estudio)	200
B	320
C	643
D	1 100
E	500
F	536
G	208

Se observa en el cuadro anterior que las marcas consultadas reportan contenidos de sodio mayores que los de la empresa en estudio, llegando a valores de hasta más de 1000 mg por 100 g de producto. En el caso de las papas “D”, el sodio reportado sobrepasa las recomendaciones hechas por *The Snack Food Association*, quienes proponen una aplicación de sal del 1,75% con una tolerancia del $\pm 0,25\%$ (Gould, 2002), lo que corresponde a aproximadamente 750 mg sodio en 100 g producto como máximo. No obstante, se debe tener en cuenta que la tendencia actual es un menor consumo de sodio, por lo que se esperaría no alcanzar el valor máximo recomendado. De acuerdo con lo descrito anteriormente, la cantidad de sodio esperado en unas papas tostadas es de 450 a 750 mg/100 g producto, lo que se acerca a lo reportado en las papas C, E y F.

En Estados Unidos el límite máximo de sodio recomendado para las papas tostadas es de 430 mg/100 producto (Ministerio de Salud y Protección Social, s/f), lo que coincide con la mayoría de las muestras analizadas para la empresa en estudio, sin embargo, se debe buscar que la totalidad de las muestras se encuentren por debajo de este valor. Además, al comparar los contenidos de sodio con otras marcas nacionales se puede observar que las marcas B y G reportan contenidos de sodio por debajo de los 400 mg/100 g producto, lo que permite concluir que es posible mantener valores bajos de sodio, manteniendo la aceptación del consumidor. Sin embargo, valdría la pena hacer el análisis químico en las otras marcas para confirmar si su contenido de sodio corresponde al valor real en el producto.

5.1.3. Variabilidad en las materias primas

En la Figura 9 se presentan los resultados del análisis granulométrico realizado a tres distintos lotes de sal utilizados en la elaboración de las papas tostadas en la empresa.

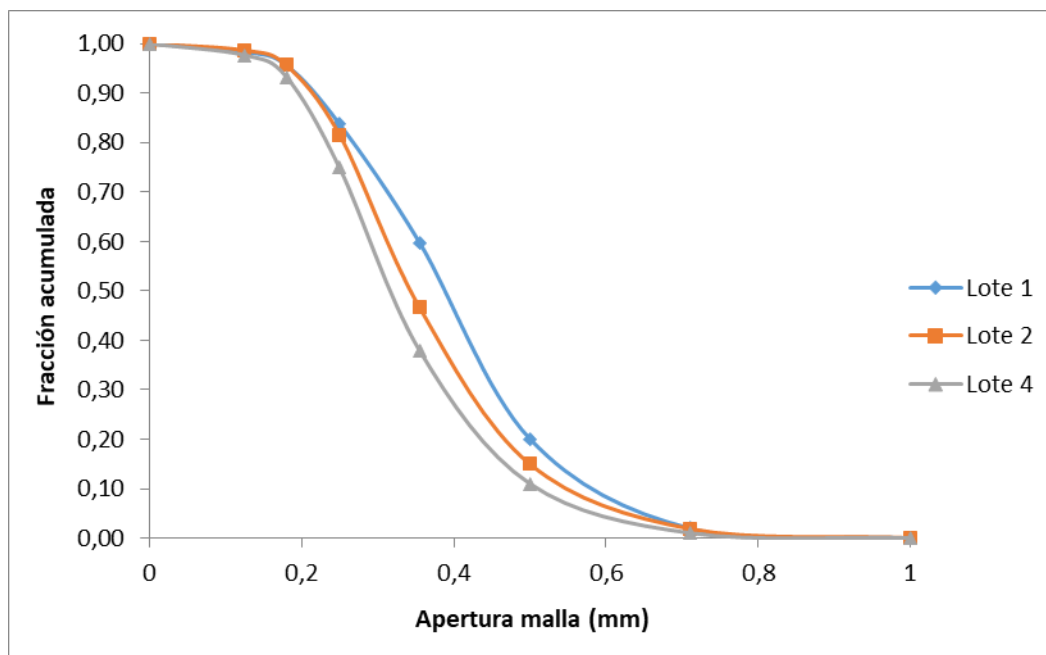


Figura 9. Análisis acumulativo del tamaño de partícula de tres lotes distintos de sal utilizados en la elaboración de papas tostadas.

Según menciona Barringer (2013), el tamaño de partícula de la sal utilizada para papas tostadas es aquella que pasa por los tamices 40 al 140, es decir, cuya apertura va de 0,42 a 0,105 mm. De acuerdo con los resultados presentados en la Figura 9, para el lote 1 de sal solamente el 60% de la muestra se encuentra dentro de este rango mientras que, para el lote 3 de sal cerca de un 75% de la muestra está dentro de lo recomendado.

Como se indicó anteriormente, el tamaño de partícula de la sal afecta su adhesión a la papa, pues entre más grande sea la partícula menor será su adherencia a la superficie (Buck y Barringer, 2007), por lo que se debe procurar mantener la granulometría uniforme. En este caso, el lote de sal 3 muestra un tamaño de partícula más pequeño que los otros dos lotes analizados, pues como se aprecia en la Figura 9, en la apertura de malla de 0,25 mm más del 80% de la sal de los lotes 1 y 2 queda retenida, mientras que en el lote 3 este valor disminuye a un 75%.

Las diferencias observadas en el tamaño de partícula de la sal pudieron tener un efecto sobre el porcentaje de adherencia de esta materia prima en las papas tostadas, aumentando la variabilidad en el contenido de sodio del producto terminado. No obstante, es necesario realizar repeticiones de este análisis para determinar si existen diferencias significativas en el tamaño de partícula de la sal, y de ser así, solicitar al proveedor un producto más estandarizado.

A continuación, en el Cuadro IV se muestran los resultados de los análisis químicos realizados a las papas crudas de los diferentes lotes analizados.

Cuadro IV. Promedio y desviación estándar del contenido de sodio y de la humedad en las papas crudas para los diferentes lotes analizados.

Lote	Humedad (%)	Contenido de sodio (mg/100 g producto)	Contenido de sodio (mg/100 g producto BS)
1	82,4 ± 2,8	24,7 ± 10,8	148,6
2	82,7 ± 0,7	9,5 ± 3,2	55,6
3	80,4 ± 1,8	12,2 ± 6,4	64,0
4	82,6 ± 2,0	24,4 ± 6,0	141,5
5	77,0 ± 1,3	14,2 ± 7,0	62,8
6	77,1 ± 0,9	7,4 ± 2,2	32,2

En el Cuadro IV se observan las diferencias que existen en la composición química de las papas para los distintos lotes estudiados, se analizó únicamente la humedad y el contenido de sodio pues la primera variable afecta la cantidad de aceite absorbida durante la fritura y la segunda permite conocer el sodio aportado por el proceso. Se incluye el contenido de sodio en base seca, ya que permite comparar objetivamente entre los distintos lotes, así como entre las distintas operaciones a las que son sometidas las papas durante su elaboración.

Un parámetro de calidad importante para las papas utilizadas en la fritura es su contenido de sólidos totales. Este parámetro no fue analizado de forma directa, sin embargo, corresponde al porcentaje restante a la humedad. Para la fritura se prefieren las papas con alto contenido de sólidos totales (20–22%) debido a que se obtienen papas tostadas con mejor textura y menor

contenido de grasa, además de mayores rendimientos (Pedreschi 2009). Los lotes 1, 2 y 4 presentan contenidos de humedad mayores a 80% y por lo tanto menos del 20% de sólidos totales, haciéndolas de menor calidad para la fritura (menor rendimiento y papas menos crujientes). En el caso del lote 3, este se encuentra muy cercano al límite (20%), mientras que los lotes 5 y 6 cumplen con la recomendación.

Con respecto al contenido de sodio, se observa un rango de variación desde los 7 a los 25 mg/100 g producto, no obstante, estos contenidos de sodio son bajos en relación al producto terminado, por lo que se considera que no aportan variabilidad.

5.1.4. Percepción sensorial de los lotes analizados

La variabilidad debida a los cambios en el proceso de producción de las papas tostadas permitió tener producto con diferencias amplias en el contenido de sodio, lo que favoreció la realización de un panel sensorial que comparara la mayor cantidad de estas muestras manteniendo un rango de diferencia en el contenido de sodio entre éstas de aproximadamente 150 mg/100 producto. Se realizó una prueba de aceptación con consumidores, donde se evaluó el agrado general de las papas tostadas. Los resultados de esta prueba se analizaron como conglomerados (clusters) con el fin de agrupar a los consumidores en grupos más pequeños según sus preferencias. Los resultados de este análisis se muestran a continuación en la Figura 11.

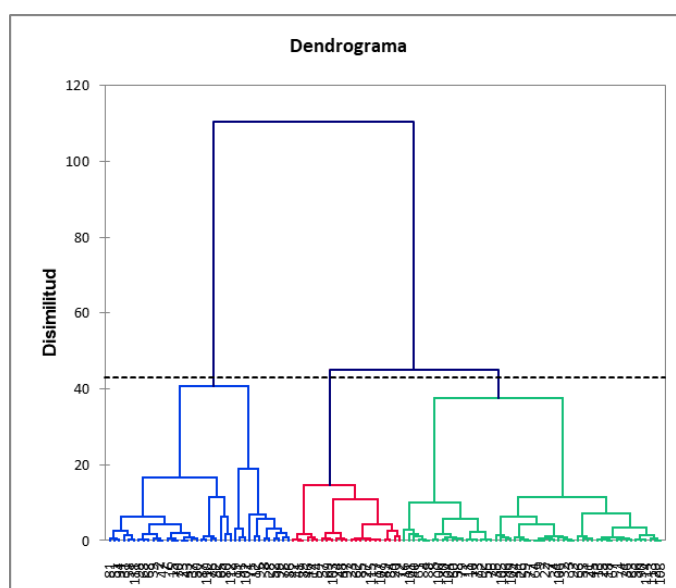


Figura 10. Dendrograma generado a partir de la prueba de agrado general de papas tostadas.

Como se mencionó anteriormente, el uso de los *clusters* o conglomerados permite agrupar a las personas formando grupos homogéneos internamente pero heterogéneos entre ellos (Guisande, 2006), es decir, en este caso el agrupamiento se realizó según el agrado de los panelistas a las papas tostadas. En la Figura 10 se puede ver que la línea punteada traspasa el gráfico obteniendo tres grupos distintos, cuyos resultados de agrado general de las papas tostadas se muestran en el Cuadro V.

Cuadro V. Comparación de medias de los valores de agrado general de papas tostadas (n = 115) otorgados por los jueces, obtenidos para los tres *clusters*.

Grupo	% de panelistas	Agrado general*	Contenido de sodio (mg /100 g BS)
1	47	7,944 ^a	30
		7,835 ^a	301,5
		7,600 ^a	144,1
		6,720 ^b	461,9
2	33	5,774 ^a	301,5
		5,418 ^a	30
		5,189 ^a	461,9
		4,847 ^a	144,1
3	20	8,122 ^a	144,1
		6,770 ^b	301,5
		6,217 ^b	461,9
		4,978 ^c	30

*Promedios con letras diferentes son significativamente diferentes (Tukey, p<0,05)

De acuerdo con lo observado en el cuadro V, en el grupo 1 el menor agrado es para la muestra con el mayor contenido de sodio. Mientras que para las papas con los contenidos de sodio más bajos el agrado no es diferente significativamente, hasta para las papas que no tienen sal dosificada. Este grupo es el más grande y por lo tanto, más representativo de los panelistas, por lo que vale la pena destacar la preferencia por las papas menos saladas.

En el caso del grupo 2, no hay diferencia significativa entre las cuatro muestras analizadas. Destaca que los valores son cercanos a 5, lo que sugiere que estos jueces no tuvieron un agrado importante por el producto, ya que presentan los promedios más bajos. Por otra parte, el grupo más pequeño (grupo 3) está conformado por panelistas que tuvieron un agrado muy bajo por las papas sin sal dosificada, pero prefirieron las papas con el menor contenido de sodio (144,1 mg BS).

Teniendo esto en consideración, se puede concluir que las personas muestran una aceptación importante por las papas tostadas con contenidos de sodio bajos, de hasta inclusive 144 mg de sodio/100 g producto, lo que permitiría hacer una reducción importante y asegurar que se mantendrá el agrado de los consumidores. Asimismo, una reducción de esta magnitud permitiría reportar niveles más bajos de sodio en la etiqueta, lo que podría ser positivo para la comercialización del producto.

No obstante, es importante tener en cuenta que en el análisis de agrado las personas evalúan la muestra como un todo, considerando los diferentes atributos que pueden tener las papas tostadas, como por ejemplo la textura, sabor, apariencia (Ratanatriwong, 2004), entre otros aspectos que no fueron controlados. Por lo tanto, no es posible asegurar que la preferencia de una muestra sobre otra sea exclusivamente por el contenido de sodio, pues es probable que existieran diferencias en las muestras debidas a otros atributos, especialmente al existir variaciones importantes en el proceso de producción entre los lotes. Además, otro error asociado a este análisis es la variación en la sal dosificada a las papas que puede existir en un mismo paquete, provocando que para una misma muestra los panelistas perciban de manera distinta el sabor salado.

5.2. Evaluación del efecto de la reducción de la sal sobre el contenido de sodio y la percepción sensorial de las papas tostadas.

A continuación, en la Figura 11, se muestran los resultados obtenidos al variar las condiciones del dosificador, con el fin de conocer su efecto en el contenido de sodio en el producto final.

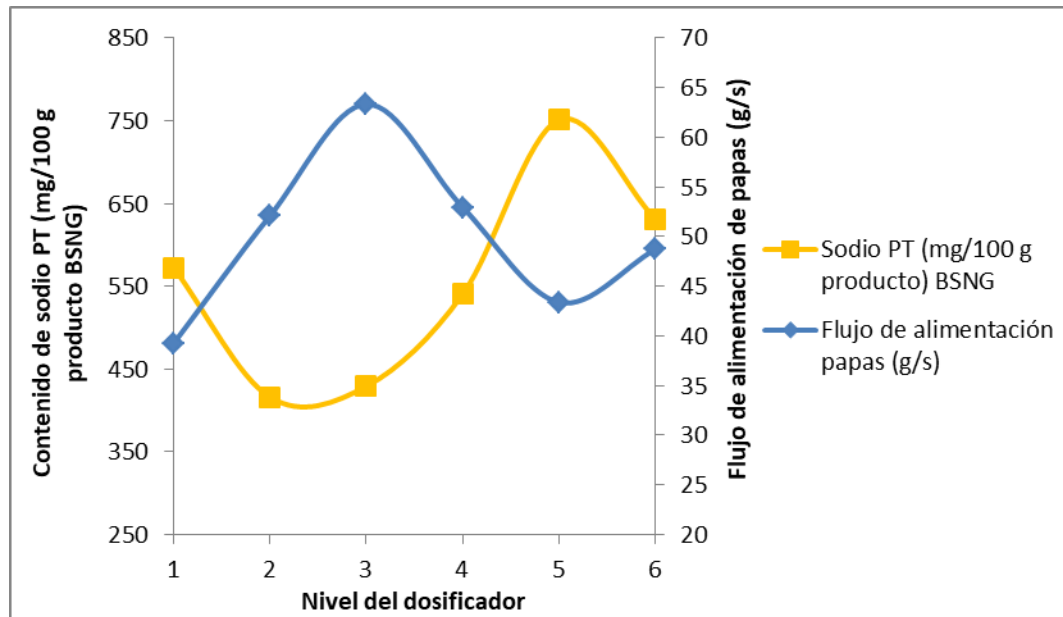


Figura 11. Flujo de alimentación de las papas y variación del contenido de sodio en las papas tostadas con respecto al nivel del dosificador, para los 6 niveles de dosificación estudiados.

El resultado esperado en esta prueba era una relación lineal entre el nivel del dosificador y el contenido de sodio en el producto terminado. Sin embargo, como se observa en la Figura 11, el contenido de sodio es elevado cuando el dosificador está en el nivel más bajo estudiado y vuelve a disminuir cuando se utiliza el nivel más alto. Al analizar estos datos en conjunto con el flujo de alimentación de las papas, se destaca una relación importante entre este parámetro y el contenido final de sodio en las papas, ya que se puede ver que mientras se estudiaba el nivel más bajo del dosificador, el flujo de alimentación fue menor, lo que provocó que hubieran menos papas en el tambor y, por lo tanto, se diera una dosificación mayor a la esperada.

Se debe tener en cuenta que, como se ha mencionado anteriormente, la distribución uniforme del sazónador en este tipo de productos es fundamental, ya que permite obtener un sabor similar en el producto, tanto en el mismo paquete como en el tiempo y así mantener la lealtad del consumidor (Enggalhardjo y Narsimhan, 2005). Una fluctuación tan importante en el flujo de alimentación de las papas afecta la uniformidad del producto y además, sugiere que la empresa no tiene este parámetro bajo control, ya que las mediciones se realizaron en el lapso de una hora y los valores no mantienen una tendencia clara.

Conociendo esta información, resulta claro que antes de poder realizar una sugerencia a la empresa sobre el nivel del dosificador que deberían utilizar (rpm), la empresa debe controlar el flujo de alimentación, para de esta manera poder asegurar que las papas contienen la cantidad esperada de sodio al usar el parámetro de dosificación de sal establecido.

En la Figura 12 se presenta la relación existente entre el flujo de sal dosificada y el contenido de sodio en el producto terminado cuando el flujo de alimentación del producto es prácticamente constante.

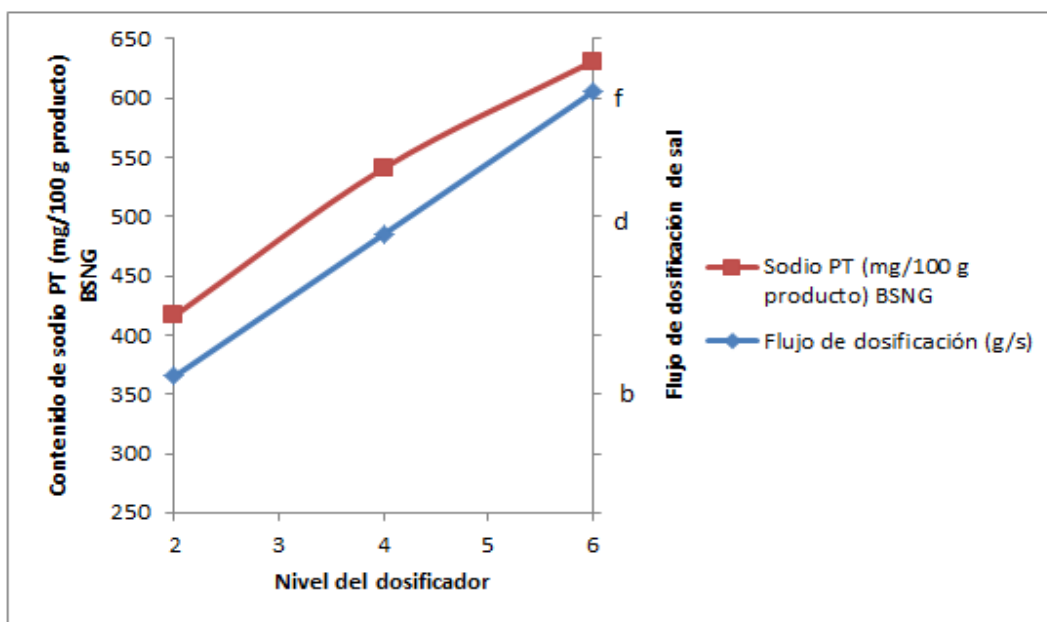


Figura 12. Relación del flujo de alimentación de la sal y el contenido de sodio en el producto terminado para tres diferentes niveles de dosificación estudiados con un flujo de alimentación de papas aproximado a 50 g/s.

Para realizar la Figura 12 se escogieron los tres puntos donde el flujo de alimentación de papas era cercano a 50 g/s y de esta manera se observó que se puede dar una tendencia lineal entre el nivel del dosificador y el contenido de sodio en el producto terminado, así como con el flujo de dosificación de sal. Sabiendo esto, sería posible para la empresa realizar un experimento con condiciones controladas para conocer el contenido de sodio final en las papas al variar el nivel del dosificador y mantener el flujo de alimentación. No obstante, se debe tener en cuenta que los valores de este gráfico dependen del flujo de alimentación, por lo que se debe realizar el estudio para el o los flujos de alimentación usuales en el proceso de producción.

Se puede apreciar en la Figura 12 que, en el último punto, el contenido de sodio no continúa aumentando en forma lineal, a pesar de que en éste el flujo de alimentación de las papas era menor que para los niveles de dosificación anteriores, por lo que se esperaría un contenido de sodio mayor. Esto sugiere que se podría llegar a una saturación en el porcentaje de aplicación de la sal que provoque que se alcance un máximo de contenido de sodio. Sin embargo, para demostrar esto se debería hacer un estudio con niveles de dosificación mayores y asegurando un flujo de alimentación de papas constante.

Se analizó además el efecto de la concentración de la disolución X sobre el contenido de sodio en las papas fritas sin sal, los resultados se muestran en la Figura 13.

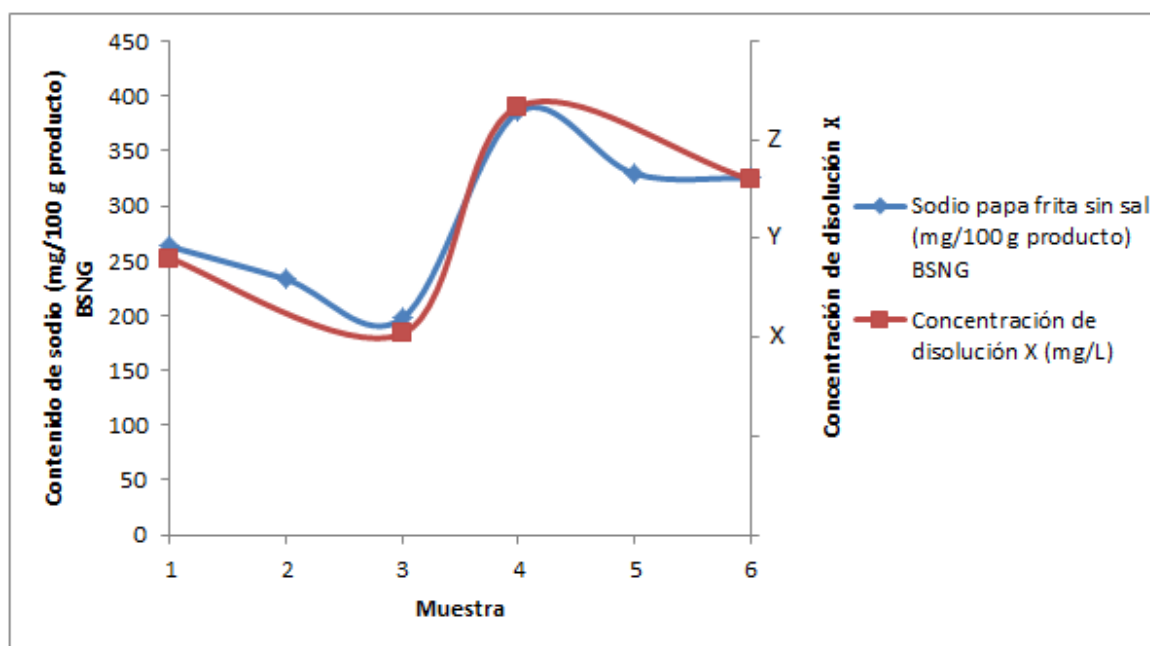


Figura 13. Variación de la concentración de la disolución X y del contenido de sodio en la papa frita sin sal (en BSNG) para las muestras analizadas.

La operación X forma parte del proceso de producción de las papas tostadas en la empresa, por lo que para la realización de estas pruebas se mantuvo su funcionamiento en las condiciones normales del proceso. La disolución X utilizada mantiene un rango de concentración de sal de X a Z mg/L (siendo $X < Z$), y el ajuste de su concentración se realiza aproximadamente una vez cada hora. En el gráfico anterior se observa que al momento de hacer el ajuste (en la muestra 4), el contenido de sodio en las papas fritas sin sal aumentó casi 200 mg/100 g producto en BSNG, lo que sugiere que la concentración de la disolución X afecta de forma directa el

contenido de sodio en las papas fritas sin sal. Debe tenerse en cuenta que, como se mencionó anteriormente, el sodio aportado durante la operación X está incorporado en el producto y por lo tanto es menos perceptible, no obstante, estas diferencias podrían afectar la uniformidad del producto.

Es por este motivo que se recomienda controlar con mayor frecuencia la concentración de la disolución X, buscando que la variación se mantenga en un rango de 5 mg/L, esto permitirá reducir la variabilidad asociada a esta operación. Además, valdría la pena realizar un estudio que demuestre la eficacia de esta operación, ya que su inclusión en el proceso de papas podría no ser fundamental y, por el lado negativo, estaría aumentando el aporte de sodio al producto al incorporarla a la matriz del producto.

Estudiar el contenido de sodio en las papas fritas sin sal permitió observar el efecto directo que tiene la operación X sobre este parámetro. Además, conocer esta información permite tener una noción de la magnitud de la reducción que se puede realizar, ya que no es posible reducir el contenido de sodio a un valor por debajo del aportado por la disolución X.

Para concluir este objetivo, se realizó un panel de discriminación con el fin de conocer la magnitud de la reducción que es posible realizar en las papas que fueron producidas incluyendo la operación X sin que esto signifique un rechazo de parte del consumidor. En el Cuadro VI se muestran los resultados de esta prueba.

Cuadro VI. Prueba de discriminación 2-AFC (n = 60) de papas tostadas con contenidos de sodio reducidos respecto a las papas con el mayor contenido de sodio.

Contenidos de sodio evaluados (mg/100 g producto)	Diferencia en el contenido de sodio (mg/100 g producto)	Aciertos	Significancia
300 vs 488	188	33	
384 vs 488	104	23	No
446 vs 488	42	31	

Para esta prueba se utilizó como “control” la muestra con el contenido de sodio más alto obtenido durante la prueba de dosificación (488 mg sodio/100 g producto), ya que ésta se acerca a los contenidos de sodio habituales de la empresa. Como se observa en el cuadro VI, los panelistas

no lograron encontrar diferencia en los tres pares presentados, incluso cuando la diferencia en el contenido de sodio fue de 188 mg, pues el mínimo de aciertos requerido para determinar significancia era de 37 (Ennis y Jesionka, 1993). A partir de esto, es posible afirmar que el consumidor no va a tener preferencia por alguna de las muestras analizadas y que es posible sustituir una por otra sin que exista un perjuicio en la aceptación (Lawless y Heymann, 2010).

Asimismo, estos resultados sugieren que los consumidores no perciben las diferencias en el contenido de sodio debidas a un flujo de alimentación de papas que varía entre un rango aproximado de 40 a 60 g/s, así como a las fluctuaciones en la concentración de la disolución X, sin embargo, es fundamental estandarizar estos parámetros con el fin de obtener un producto uniforme dentro del mismo lote y entre diferentes lotes, y así asegurar al consumidor un producto con un contenido de sodio reducido que cumpla con la declaración en la etiqueta.

Se ha observado que mientras más disponible se encuentre el sodio durante el proceso de masticación, mayor será su percepción, ya que rápidamente se disuelve en la saliva (Tian y Fisk, 2012). En este caso, el sodio aplicado de forma tópica es el que las personas principalmente perciben. Es por esta razón, que los resultados obtenidos en este panel sensorial no son válidos para papas tostadas que no hayan experimentado el mismo proceso (especialmente la operación X), pues en este caso parte del sodio está adherido a la matriz del producto, haciéndolo menos perceptible en la masticación.

Al unir estos datos con los resultados obtenidos en el panel de agrado (sección 5.1.4), se puede ver que existe una aceptación del consumidor por las papas con contenidos de sodio bajos, siendo este un resultado favorable para el objetivo del proyecto. De esta manera, se concluye que es posible reducir el nivel del dosificador a un valor cercano a N2 manteniendo un flujo de alimentación constante de aproximadamente 50 g/s y seguir obteniendo un producto aceptado con el consumidor. Se recomienda estudiar cual es el flujo de alimentación funcional para el proceso de producción de la empresa y encontrar el nivel del dosificador equivalente.

Además, es importante considerar que siguiendo con las condiciones de proceso habituales de la empresa (uso de la disolución X) no es posible lograr contenidos de sodio menores a 250 mg/100 g producto, ya que el aporte de sodio de la disolución X a las papas puede llegar a ser de hasta a 270 mg/100 g producto cuando su concentración se encuentra por encima de los Z mg/L.

Una reducción en el contenido de sodio de las papas tostadas implicaría una disminución en el costo del producto, ya que se utilizaría menos sal. A la vez, permitiría a la empresa reportar en la etiqueta un contenido de sodio menor al que reportan la mayoría de sus competidores y mantener la aceptación de los consumidores, en una época donde las personas están más pendientes de lo que comen y buscan alternativas más saludables.

6. CONCLUSIONES

- La variabilidad encontrada en el contenido de sodio del producto terminado fue mayor a la esperada, debido a los cambios en el proceso de producción realizados por la empresa durante la ejecución de esta investigación, principalmente por la eliminación de la operación X. Asimismo, los cambios hechos en los parámetros del equipo para adaptar el proceso a la materia prima, dificultaron que se identificaran las condiciones con mayor variabilidad.
- La variabilidad en el contenido de sodio del producto terminado fue mayor en los lotes donde la operación X fue eliminada.
- El contenido de sodio reportado por la empresa en la etiqueta nutricional es menor al encontrado en la mayoría de las muestras analizadas.
- La prueba sensorial de aceptación demostró que los consumidores tienen un agrado alto por las papas con contenidos de sodio bajos (144 mg sodio/ 100 g producto BS).
- Actualmente el proceso de producción de las papas tostadas no se encuentra estandarizado, ya que las variaciones evidenciadas en el flujo de alimentación y en la concentración de la disolución X afectan el contenido de sodio en el producto terminado, provocando diferencias importantes inclusive dentro del mismo lote.
- La concentración de la disolución X afecta el contenido de sodio en las papas fritas sin sal.
- El consumidor no percibe una diferencia entre las papas tostadas analizadas con la mayor diferencia en el contenido de sodio (300 vs 488 mg sodio/100 g producto), siempre y cuando se realice el proceso empleado por la empresa, que incluye la operación X.
- Utilizando un flujo de alimentación de papas constante, cercano a 50 g/s, es posible realizar una reducción en el contenido de sodio de las papas tostadas sin que el consumidor perciba la diferencia, al disminuir el nivel del dosificador a N2.

7. RECOMENDACIONES

7.1 A nivel experimental

- Realizar el análisis de variabilidad utilizando la misma variedad y tamaño de papa, para obtener datos comparables e identificar si los parámetros estudiados se encuentran estandarizados.
- Estudiar el efecto de la operación X en la textura de las papas tostadas y en la calidad del aceite de fritura.
- Estudiar el efecto del sabor salado debido tanto a la sal dosificada, como al sodio aportado por la operación X.
- Repetir el análisis sensorial de agrado general con consumidores leales a la empresa, asegurando que las muestras de papas tostadas tengan un proceso lo más similar posible y compararlo con los resultados obtenidos en esta investigación.
- Aplicar la misma metodología del objetivo 2 utilizando papas de variedad nacional, con el fin de conocer si existen diferencias importantes con lo observado al utilizar papas importadas y así estandarizar la etapa de dosificación para cualquier variedad.

7.2. A nivel industrial

- Actualizar el contenido de sodio en la etiqueta del producto para que coincida con su contenido real.
- Realizar estudios de granulometría en la sal por triplicado y en diferentes lotes, para garantizar que la sal utilizada cumple con los parámetros de calidad y es uniforme.
- Estandarizar el flujo de alimentación de papas durante la producción para así obtener un producto más uniforme.
- Controlar con mayor frecuencia la concentración de la disolución X, de manera que no varíe en más de 5 mg/L.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Adjei, M. 2017. Applications and limitations of discrimination testing. *In Rogers, L (ed.)*, Elsevier Ltd. p. 85–105.
- Ainsworth, P; Plunkett, A. 2007. Reducing salt in snack products. *In Kilcast, D; Angus, F (eds.)*. Cambridge, Woodhead Publishing.
- Angulo, O; O'Mahony, M. 2009. Aplicación del modelo de Thurstone a las pruebas sensoriales de diferencia. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 59(4): 349–357.
- AOAC. 2012 "Official Methods of Analysis". 19th ed. Method 985.35., Minerals in infant formula, enteral products and pet foods. Atomic absorption spectrophotometric method.
- ASTM International. 2017. Standard test methods for particle-size distribution (Gradation) of soils using sieve analysis. p. 1–35.
- Barbosa-Cánovas, G; Harte, F; Yan, H. 2012. Particle size distribution in food powders. *Food Engineering* 1: 303–328.
- Barringer, S. 2013. Coating foods with powders. *In Bhandari, B; Bansal, N; Zhang, M; Schuck, P (eds.)*. Woodhead Publishing. p. 625–640.
- Blanco-Metzler, A; Montero-Campos, M; Núñez-Rivas, H; Gamboa-Cerda, C; Sánchez, G. 2012. Avances en la reducción del consumo de sal y sodio en Costa Rica. *Revista Panamericana de Salud Pública* 32(4): 316–320.
- Blanco-Metzler, A; Moreira Claro, R; Heredia-Blonval, K; Caravaca Rodríguez, I; Montero-Campos, M; Legetic, B; L'Abbe, M. 2017. Baseline and estimated trends of sodium availability and food sources in the Costa Rican population during 2004–2005 and 2012–2013. *Nutrients* 9(12): 1020.
- Bobowski, N; Rendahl, A; Vickers, Z. 2015. A longitudinal comparison of two salt reduction strategies: Acceptability of a low sodium food depends on the consumer. *Food Quality and Preference* 40: 270–278.
- Buck, V; Barringer, S. 2007. Factors dominating adhesion of NaCl onto potato chips. *Journal of Food Science* 72(8): 435–441.

- Bureau of Nutritional Sciences. (2012). Guidance for food industry on reducing sodium in processed foods. Canada.
- Carmona, I; Gómez, B; Gaitán, D. 2014. Contenido de sodio en alimentos procesados comercializados en Colombia, según el etiquetado nutricional. *Perspectivas en Nutrición Humana* 16(52): 61–82.
- Carpenter, D. 1993. Methods of analysis for nutrition labeling. *In Sullivan, D; Carpenter, D (eds.)*. Arlington, AOAC International. 624 p.
- Centers for Disease Control and Prevention. 2012. Vital Signs: Food categories contributing the most to sodium consumption — United States, 2007–2008. *Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)* 61(05): 92–98.
- CITA. (2016_a). Q-1964-1978-2016. San José, Universidad de Costa Rica.
- CITA. (2016_b). Minerales por espectrofotometría de absorción atómica. P-SA-MQ-035. San José.
- CITA. (2017). Humedad. P-SA-MQ-80. San José.
- Díaz-Rodríguez, M; González-Ariza, Á; Henao-Pérez, A; Díaz-Mora, ME. 2013. Introducción al análisis estadístico multivariado. Colombia, Universidad del Norte.
- Diez y Martínez, E; Benet Rodríguez, M; Francisco, A; Giraldoni Morejón, AF; García Núñez, R. 2011. El consumo de sal ¿Riesgo o necesidad? *Revista Finlay* 1(3).
- Dötsch, M; Busch, J; Batenburg, M; Liem, G; Tareilus, E; Mueller, R; Meijer, G. 2009. Strategies to reduce sodium consumption: A food industry perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 49(10): 841–851.
- Doyle, ME; Glass, KA. 2010. Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 9(1): 44–56.
- Drake, S.; Lopetcharat, K; Drake, M. 2011. Salty taste in dairy foods: Can we reduce the salt?: Servicio de Descubrimiento para Universidad De Costa Rica. *Journal of Dairy Science* 94: 636–645.

- Enggalhardjo, M; Narsimhan, G. 2005. Adhesion of dry seasoning particles onto tortilla chip. *Food Engineering and Physical Properties* 70(3): E215–E222.
- Ennis, D; Jesionka, V. 1993. The power of sensory discrimination methods. *Journal of Sensory Studies* 8(4): 353–370.
- Ennis, D; Rousseau, B; Ennis, J. 2014. Tools and applications of sensory and consumer science: 52 Technical report scenarios based on real-life problems. Institute for Perception. 163 p.
- Euromonitor International. 2018. Savoury Snacks in Costa Rica (en línea, sitio web). Consultado 29 mar. 2019. Disponible en <http://www.portal.euromonitor.com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr:2048/portal/analysis/tab>.
- Fellows, P. 2009. Food processing technology : Principles and practice. 3 ed. CRC Press.
- Gould, W. 2002. Potatoes and potato chips. *In Lusar, E; Rooney, L (eds.)*. Boca Raton, CRC Press. p. 227–246.
- Guisande, C. 2006. Tratamiento de datos. España, Díaz de Santos.
- Hanify, DE. 2002. Snack seasonings application. *In Lusar, E; Rooney, L (eds.)*. Boca Raton, CRC Press. p. 517–527
- Härdle, W; Simar, L. 2012. Cluster analysis. Berlin, Heidelberg, Springer. p. 331–349
- He, F; MacGregor, G. 2009. A comprehensive review on salt and health and current experience of worldwide salt reduction programmes. *Journal of Human Hypertension* 23:363–384.
- He, F; Campbell, N; MacGregor, G. 2012. Reducing salt intake to prevent hypertension and cardiovascular disease. *Revista Panamericana de Salud Pública* 32(4): 293–300.
- Health Canada. 2018. Sodium reduction in processed foods in Canada: An evaluation of progress toward voluntary targets from 2012 to 2016. Canada.
- Hendriksen, M; Verkaik-Kloosterman, J; Noort, M; van Raaij, J. 2015. Nutritional impact of sodium reduction strategies on sodium intake from processed foods. *European Journal of Clinical Nutrition* 69(7): 805–810.

- Hess, J; Jonnalagadda, S; Slavin, J. 2016. What is a snack, why do we snack, and how can we choose better snacks? A review of the definitions of snacking, motivations to snack, contributions to dietary intake, and recommendations for improvement. *Advances in nutrition* 7(3): 466–75.
- Hutton, T. 2002. Sodium: Technological functions of salt in the manufacturing of food and drink products. *British Food Journal* 104(2): 126–152.
- Institute of Medicine. 2010. Strategies to reduce sodium intake in the United States, Report Brief. (April): 4.
- Ishii, R; O'Mahony, M; Rousseau, B. 2014. Triangle and tetrad protocols: Small sensory differences, resampling and consumer relevance. *Food Quality and Preference* 31(1): 49–55.
- Jacoby, D; King, C. 2002. Sensory evaluation in snack foods development and production. In *Lusas, E; Rooney, L (eds.)*. Boca Raton, CRC Press. p. 529–547
- Journal of Lipid Science and Technology* 116(6): 735–740.
- Kita, A. 2011. Reducing saturated fat in savoury snacks and fried foods. In *Talbot, G (ed.)*. Woodhead Pub. p. 266–282.
- Kita, A. 2014. The effect of frying on fat uptake and texture of fried potato products*. *European*
- Lawless, H; Heymann, H. 2010. *Sensory evaluation of food: principles and practices*. 2 ed. Springer. pp. 341–378.
- Levings, J; Cogswell, M; Curtis, C; Gunn, J; Neiman, A; Angell, S. 2012. Progress toward sodium reduction in the United States. *Revista Panamericana de Salud Pública* 32(4): 301–306.
- Lucas, J; Quintero, V; Vasco Leal, J; Cuellar Núñez, L. 2011. Evaluación de los parametros de calidad durante la fritura de rebanadas de papa criolla. *Scientia et technica* 2(48): 299–304.
- Marinos-Kouris, D; Krokida, M; Oreopoulou, V. 2015. Frying of foods. In *Mujumdar, AS (ed.)*. Boca Raton, CRC Press.
- MarketLine. 2018. Global Savory Snacks (en línea, sitio web). Consultado 31 oct. 2018. Disponible en <http://web.a.ebscohost.com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr:2048/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=e014dbcd-2463-4c05-bab9-0e920595ebc5%40sessionmgr4006>.

- Melton, S. 2007. Sensory evaluation of frying fat and deep-fried products. In *Michael D. Erickson (ed.)*. Illinois, AOCS Press. p. 359–370.
- Ministerio de Salud. 2011. Plan Nacional para la reducción del consumo de sal/sodio en la población de Costa Rica 2011-2021. Costa Rica.
- Ministerio de Salud. 2018. Costa Rica consume más del doble de la sal recomendada (en línea, sitio web). Consultado 26 mar. 2019. Disponible en <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/noticias/noticias-2018/1286-costa-rica-consume-mas-del-doble-sal-2>.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2015). Estrategia nacional para la reducción del consumo de sal/sodio en Colombia 2012-2021. Colombia, s.e.
- Ministerio de Salud Y Protección Social. (s/f). Documento Técnico Sal/Sodio. Colombia.
- Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad. (2015). Contenido de sal de los alimentos en España. 2012. Madrid.
- Montero-Campos, M; Blanco-Metzler, A; Chan, V. 2015. Sodio en panes y snacks de mayor consumo en Costa Rica. Contenido basal y verificación del etiquetado nutricional. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 65(1): 36–43.
- Mooi, E; Sarstedt, M. 2010. Cluster analysis. Berlin, Heidelberg, Springer. p. 237–284
- Morales, G; Valenzuela, R; Montes, N; Millar, I; Provoste, R; Martínez, N; Fernández, D. 2016. Absorción de aceite en alimentos fritos. *Revista Chilena de Nutrición* 43(1): 87–91.
- Mozaffarian, D; Fahimi, S; Singh, G; Micha, R; Khatibzadeh, S; Engell, R; Lim, S; Danaei, G; Ezzati, M; Powles, J. 2014. Global Sodium consumption and death from cardiovascular causes. *New England Journal of Medicine* 371:624–634.
- Oyedeji, A; Sobukola, O; Henshaw, F; Adegunwa, M; Ijabadeniyi, O; Sanni, L; Tomlins, K. 2017. Effect of frying treatments on texture and colour parameters of deep fat fried yellow fleshed cassava chips. *Journal of Food Quality* 2017.
- O'Mahony, M; Rousseau, B. 2003. Discrimination testing: a few ideas, old and new. *Food Quality and Preference* 14(2): 157–164.

- Pedreschi, F. 2009. Fried and dehydrated potato products. *Advances in Potato Chemistry and Technology* : 319–337.
- Rama, R; Chiu, N; Carvalho Da Silva, M; Hewson, L; Hort, J; Fisk, I. 2013. Impact of Salt crystal size on in-mouth delivery of sodium and saltiness perception from snack foods. *Journal of Texture Studies* 44(5): 338–345.
- Ramírez-Navas, J. 2012. Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. *Revista ReCiTela* 12(1): 83–102.
- Ratanatriwong, P. 2004. Sensory evaluation of electrostatically coated chips and powder physical property effects (size and food composition) on electrostatic coating improvement. The Ohio State University. 174 p.
- Reglamento para los Servicios de Alimentación al Público No 37308-S. 2012. Costa Rica.
- Reglamento Técnico Centroamericano. (2005). RTCA 67.04.48:07. Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad.
- Rizwan-Sharif, H; Kamran-Sharif, M; Sadiq-Butt, M; Nasir, M. 2017. Sensory evaluation and consumer acceptability. p. 362–386.
- Rodrigues, D; Rios, V; Farinassi, J; Nunes, C; Marques, A. 2016. Microparticulated salts mix : An alternative to reducing sodium in shoestring potatoes. *Food Science and Technology* 69: 390–399.
- Romero, C. 2013. Disminución del consumo de sal en la población: ¿recomendar o no recomendar? *Revista Uruguaya de Cardiología* 28(2): 263–272.
- Serrano-Gallego, R. 2003. Introducción al análisis de datos experimentales: tratamiento de datos en bioensayos. Castellón de la Plana, Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions.
- Stone, H; Bleibaum, R; Thomas, H. 2012. *Sensory evaluation practices*. 4 ed. Amsterdam, Academic Press.
- Tian, X., Fisk, I. 2012. Salt release from potato crisps. *Food & Function* 3(4): 376.

Trieu, K; Neal, B; Hawkes, C; Dunford, E; Campbell, N; Rodriguez-Fernandez, R; Legetic, B; McLaren, L; Barberio, A; Webster, J. 2015. Salt reduction initiatives around the world-A systematic review of progress towards the global target. *PLoS ONE* 10(7): 1–22.

Valenzuela, K; Atalah, E. 2011. Estrategias globales para reducir el consumo de sal. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 61(7): 111–119.

Van Hout, D. 2014. Measuring meaningful differences: Sensory testing based decision making in an industrial context; applications of Signal detection theory and Thurstonian modelling. Erasmus University Rotterdam. 148 p.

Ziaifar, A; Achir, N; Courtois, F; Trezzani, I; Trystram, G. 2008. Review of mechanisms, conditions, and factors involved in the oil uptake phenomenon during the deep-fat frying process. *International Journal of Food Science & Technology* 43(8): 1410–1423.

9. ANEXOS

9.1. Mediciones de la variabilidad realizadas durante el proceso de producción y resultados de los análisis químicos asociados.

Cuadro VII. Promedio y desviación estándar de los contenidos de sodio en BSNG de la materia prima, productos intermedios y producto terminado de los seis lotes analizados.

Lote	Papa cruda (mg/100 g producto)	Papa X (mg/100 g producto)	Papa frita sin sal (mg/100 g producto)	Producto terminado (mg/100 g producto)
1	148,6 ± 79,6	495,6 ± 47,9	591,4 ± 19,3	669,4 ± 50,8
2	55,6 ± 20,8	491,2 ± 53,1	475,7 ± 41,4	705,6 ± 18,4
3	64,0 ± 38,2	419,4 ± 81,3	505,1 ± 66,4	661,3 ± 33,9
4	141,5 ± 39,3	NA	179,6 ± 116,7	380,2 ± 54,0
5	62,8 ± 34,5	NA	41,4 ± 16,2	358,3 ± 130,7
6	32,2 ± 9,5	NA	40,4 ± 2,2	228,0 ± 11,1

Cuadro VIII. Flujo de alimentación, contenido de sodio en papas fritas y porcentaje de aplicación para las muestras del lote 5.

Muestra	Flujo de alimentación (g/s)	Sodio en papas fritas sin sal (mg/100 g producto)	Sodio en producto terminado (mg/100 g producto)	% de aplicación
13	126,39	37,27	154,67	75,9
14	103,22	17,07	208,17	91,8
15	101,1	38,86	295,67	86,9
16	100,12	22,88	346,93	93,4