

Evaluación de las condiciones de tiempo y mezcla de aceites de soya y palma en el proceso de fritura de plátano verde en la empresa Pasabocas Cielito en San Juan de Pasto

Aideé Alejandra Muñoz Delgado

Luis David Mora Arteaga

Universidad Mariana

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería de Procesos

San Juan de Pasto

Año 2024

Evaluación de las condiciones de tiempo y mezcla de aceites de soya y palma en el proceso de fritura de plátano verde en la empresa Pasabocas Cielito en San Juan de Pasto

Aideé Alejandra Muñoz Delgado

Luis David Mora Arteaga

Informe de investigación para optar al título de: Ingeniero de procesos

MSc. José Faruk Rojas Navarro

Asesor

Universidad Mariana

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería de Procesos

San Juan de Pasto

Año 2024

Artículo 71: los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el Trabajo de Grado son responsabilidad única y exclusiva del (los) Educando (s)

Reglamento de Investigaciones y Publicaciones, 2007
Universidad Mariana

Agradecimientos

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, quien ha sido mi guía y esperanza a lo largo de toda mi formación académica. Gracias por brindarme sabiduría, paciencia y perseverancia en cada paso de esta investigación, y por iluminarme en los momentos de incertidumbre.

Agradezco especialmente a mis padres, José y Alexandra, quienes han sido siempre mi mayor fuente de inspiración y apoyo. Su amor incondicional, sacrificio y compromiso con mi educación me han permitido llegar hasta aquí, y durante este proceso, me han brindado su constante aliento, comprensión y confianza. No hay palabras suficientes para agradecerles todo lo que han hecho por mí, cada logro es tan suyo como mío.

A Liz, mi hermana, porque siempre ha estado para mí, escuchándome y motivándome a no desfallecer, tu presencia es una luz en mi vida.

A David, mi compañero de investigación, por su comprensión y dedicación, quien con su colaboración y apoyo emocional e incondicional me respaldó fundamentalmente durante esta investigación, gracias por ser equipo.

Agradezco sinceramente a mi asesor de trabajo de grado, el magíster Faruk Rojas, por su inestimable respaldo y confianza a lo largo de todo el desarrollo de esta investigación, por sus útiles recomendaciones y críticas constructivas. Sus conocimientos y paciencia fueron esenciales para culminar con éxito esta investigación.

Deseo igualmente expresar mi agradecimiento a todos los involucrados en esta investigación, ya que sin ellos este trabajo no se habría podido realizar. Su contribución fue fundamental para lograr los resultados que se muestran aquí. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

Aideé Alejandra Muñoz Delgado

Agradezco profundamente a:

Mi familia, por su amor y apoyo incondicional, que ha sido mi fuente de inspiración y motivación en cada momento.

A mi pareja, por su paciencia, ayuda y dedicación incansable, que ha sido mi roca y compañera de camino en este proceso.

A mis mentores y asesor de tesis, por su guía experta, dedicación y orientación, que han enriquecido mi investigación y mi crecimiento personal.

A Dios, por iluminar mi camino con sabiduría, paciencia y fuerza, permitiéndome superar obstáculos y alcanzar este logro.

Y a mi propio esfuerzo y dedicación, por la perseverancia y determinación que me han llevado a culminar este trabajo de grado.

A todos ellos, mi más sincero y eterno agradecimiento por estar siempre presentes y contribuir a mi éxito.

Luis David Mora Arteaga

Dedicatoria

A Dios, por su amor incondicional reflejado en cada una de sus bendiciones, por darme fuerza, sabiduría y resiliencia a lo largo de este proceso.

A papá y mamá, José y Alexandra, quienes son mis pilares fundamentales e inspiración diaria. Por enseñarme a luchar por mis sueños, darme las alas para volar y amor para siempre regresar a casa.

A Liz, por ser un verdadero tesoro para mí, mi compañera de vida, mi amiga incondicional, y por brindarme su constante aliento y amor desbordante.

A Marleny, Zoila, Telmo y Laura, quienes viven en mi corazón. Gracias por su amor, por sus sabias palabras y también por sus ocurrencias. Por ser mi ejemplo de bondad, fortaleza, carisma y determinación. Esta investigación es también un homenaje a mis raíces y a su legado.

A mi Conny, por el amor lleno de pelos que me ofreció, siempre te llevo conmigo.

Y a Pimienta, porque llegó a transmutar el vacío con maullidos llenos de amor.

Aideé Alejandra Muñoz Delgado

Este trabajo de grado, con profundo cariño y gratitud, dedico a:

Mi madre y padre, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo económico constante. Su presencia en mi vida ha sido fundamental para alcanzar este logro.

Mi hermana y sobrina, cuyo amor, confianza y risas inolvidables me brindaron el aliento necesario para superar obstáculos y seguir adelante. Su presencia en mi vida ha sido un regalo invaluable.

Mi primo y primas, cuya sabiduría y ejemplo inspirador me motivaron a perseverar y alcanzar mis metas. Su influencia en mi vida ha sido profundamente enriquecedora.

A mi pareja, por su incansable apoyo y motivación. Su ayuda y orientación en momentos de duda y desánimo fueron clave para superar obstáculos. Gracias por ser un equipo excepcional, tanto en la vida personal como en la investigación.

Y, finalmente, dedico esta tesis a mi fe, esperanza y propio esfuerzo. La dedicación y sacrificio que he puesto en este proyecto han sido iluminados por mi convicción y perseverancia. Ha sido un camino desafiante, pero gracias a la fe en mí mismo y en mi capacidad, he logrado hacerlo posible.

A todos ellos, mi más sincero agradecimiento.

Luis David Mora Arteaga

Contenido

1. Resumen del proyecto	14
1.1 Introducción	14
1.3 Justificación y Planteamiento del problema.....	24
1.3.1 Justificación	24
1.3.2 Planteamiento del problema	27
1.3.3 Hipótesis	29
1.4 Objetivos	29
1.4.1 Objetivo general	29
1.4.2 Objetivos específicos	29
1.5 Materiales y Métodos.....	29
1.5.1 Área de estudio	30
1.5.2 Descripción de metodologías.....	30
1.5.2.1 Determinar las características fisicoquímicas (índice de acidez, índice de peróxidos, punto de humo y punto de fritura) de los aceites a evaluar.....	31
1.5.2.1.1 Índice de acidez.....	32
1.5.2.1.2 Índice de peróxidos	33
1.5.2.1.3 Punto de humo.....	33
1.5.2.1.4 Punto de fritura.....	34
1.5.2.2 Establecer la mejor proporción de las mezclas de aceites propuestas en función de los parámetros de color, cantidad de aceite absorbida, contenido de humedad y textura; en el producto final.....	34
1.5.2.2.1 Textura	35
1.5.2.2.2 Aceite absorbido	35
1.5.2.2.3 Contenido de humedad.	35
1.5.2.2.4 Color.....	36
1.5.2.3 Evaluar las características y propiedades fisicoquímicas del producto final y el rendimiento del aceite.	37

1.5.2.3.1 Panel sensorial.....	37
1.5.2.3.2 Rendimiento del aceite por valoración de compuestos polares.....	39
1.6 Diseño experimental de mezclas	40
1.7 Resultados esperados	40
1.8 Línea de investigación y área temática	43
2 Resultados y discusión.....	44
2.1.1 Índice de acidez	44
2.1.2 Índice de peróxidos.....	46
2.1.3 Punto de humo	48
2.1.4 Punto de fritura	50
2.2 Establecer la mejor proporción de las mezclas de aceites propuestas en función de los parámetros de color, sabor, olor, cantidad de aceite absorbida, contenido de humedad y textura; en el producto final	50
2.2.1 Textura.....	50
2.2.2 Aceite absorbido	52
2.2.3 Color	54
2.3 Evaluar las características y propiedades fisicoquímicas del producto final y el rendimiento del aceite.....	55
3 Conclusiones	62
4 Recomendaciones.....	63
Referencias bibliográficas	64
Anexo A.	69

Índice de tablas

Tabla 1: Composición de aceites	19
Tabla 2: Normatividad metodológica.....	21
Tabla 3: Clasificación de aceites según % de compuestos polares	39
Tabla 4: Resultados esperados.....	41
Tabla 5: Índice de acidez.....	45
Tabla 6: Anova índice de acidez.....	46
Tabla 7: Índice de peróxidos	47
Tabla 8: Anova índice de peróxidos	47
Tabla 9: Punto de humo.....	48
Tabla 10: Resultados muestra 75/25	58
Tabla 11: Resultados muestra 50/50.....	59

Índice de figuras

Figura 1: Fritura de plátano	18
Figura 2: Área de estudio.....	30
Figura 3: Metodología de investigación	31
Figura 4: Punto de humo	49
Figura 5: Diseño de mezclas para textura en fritura a 2.8 minutos	51
Figura 6: Diseño de mezclas para textura en fritura a 3.2 minutos	51
Figura 7: Absorción de aceite en fritura de 2.8 minutos	53
Figura 8: Absorción de aceite en fritura de 3.2 minutos	53
Figura 9: Color en fritura de 2.8 minutos	54
Figura 10: Color en fritura de 3.2 minutos	55
Figura 11: Resultados muestra 1	56
Figura 12: Resultados muestra 2	57
Figura 13: Resultados muestra 3	57
Figura 14: Compuestos polares en la mezcla 50/50	60
Figura 15: Compuestos polares en la mezcla 75/25	61

Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Índice de acidez	32
Ecuación 2: Índice de peróxidos.....	33
Ecuación 3: Aceite absorbido	35
Ecuación 4: Contenido de humedad	36
Ecuación 5: Diferencia total de color	36
Ecuación 6: Estimación del tamaño de muestra	38

Índice de Anexos

Anexo A. Formato de encuesta del panel sensorial.....69

1. Resumen del proyecto

El presente estudio tiene como objetivo, el análisis de las condiciones de tiempo de fritura y proporción de aceites vegetales en el procesamiento de plátano verde en la empresa Pasabocas Cielito de San Juan de Pasto, para mejorar el rendimiento de la producción de chips de plátano verde frito tipo snack, debido a que este producto representa el 45% de las ventas totales de la empresa. El proceso de fritura por inmersión de los chips de plátano verde se realiza a una temperatura de 177°C y se enfrenta a la quema acelerada del aceite en que se difunde el alimento y el aumento constante de su costo. En este sentido, la proporción de los aceites en la mezcla afecta sus propiedades, el costo de insumos y la calidad del producto final. Se realiza la determinación de las características fisicoquímicas de los aceites de soya y palma incluyendo el índice de acidez, índice de peróxidos, punto de humo y punto de fritura, empleando técnicas analíticas en el laboratorio de Química de la Universidad Mariana, con la finalidad de establecer la proporción de la mezcla de aceites para aumentar el rendimiento; se realiza un diseño de experimentos para mezclas con el objetivo de evaluar la fritura en ellas y se añade la variable de tiempo con 2 niveles, en donde se determinan las mejores condiciones para la fritura. Finalmente, se evalúan la percepción sensorial del producto final mediante un panel de encuestas y el rendimiento del aceite se determina realizando la caracterización fisicoquímica para el aceite limpio y el aceite post frituras actualmente utilizado en la empresa. Finalmente, se obtiene que, la mezcla compuesta por 50% aceite de soya y 50% aceite de palma es la más adecuada para el proceso de acuerdo con el análisis económico y respecto a la aceptación sensorial es la mezcla compuesta por 75% aceite de soya y 25% aceite de palma.

1.1 Introducción

El consumo de aceites vegetales para los procesos de fritura a nivel doméstico e industrial ha aumentado secuencialmente, debido a la extracción de aceites vegetales y el aumento en la producción de snacks. Pasabocas Cielito es una empresa dedicada a la producción de alrededor de 29 distintos snacks en la ciudad de San Juan de Pasto, esta investigación evalúa las condiciones de variación de tiempo y proporción en la mezcla de aceites vegetales de soya y palma fritura durante la producción de chips de plátano verde.

El plátano es un cultivo importante en las zonas tropicales como América Latina. Colombia, en el año 2019 se posicionó como el quinto mayor productor a nivel mundial con 2.914.419 toneladas, representando el 2,70% de la producción anual mundial de plátano (FAO, 2019). A nivel nacional, una fracción se destina a la producción de snacks debido a su alta demanda y facilidad de elaboración (Granados y Noreña, 2018). Entre los principales productos elaborados a partir del plátano son las tajadas de maduro, patacones y chips de plátano verde frito (Carvajal-García et al., 2019).

En la empresa Pasabocas Cielito, los chips de plátano se producen mediante fritura por inmersión, en donde los alimentos se sumergen en aceite vegetal a una temperatura de fritura mayor al punto de ebullición del agua, presentando transferencia de calor y transferencia de masa, simultáneamente durante la evaporación del agua libre del alimento y la absorción del aceite vegetal (Torres et al., 2018).

A nivel nacional, de acuerdo con la marca y características de cada tipo de aceite, tienen un costo aproximado de \$10.000 por litro, a diferencia de la mezcla de aceites importada desde Ecuador, que tiene un costo de \$8.750 por litro, según la información proporcionada por la empresa. La investigación desarrollada corresponde a la necesidad de determinar una mezcla de aceites para la fritura de chips de plátano en la empresa Pasabocas Cielito, teniendo en cuenta que el aumento de costos de insumos afecta directamente los costos de producción y, en consecuencia, el precio de venta. En este sentido, la empresa Pasabocas Cielito utiliza una mezcla compuesta de aceites de soya y palma importada como materia prima para la fritura, debido a la reducción de costos, sin embargo; la empresa incurre en un costo aproximado de \$5.250.000 mensuales, mismo que en la actualidad aumenta alrededor de un 8% cada quince días. Por ende, buscar una mezcla de aceites con mayor rendimiento para la fritura de chips de plátano verde a las condiciones de tiempo y temperatura establecidas, podría garantizar una mejor eficiencia del uso de recursos, la disminución de costos de insumos y; consecuentemente, la disminución de costos de producción.

La selección de los tipos de aceite vegetal para la mezcla propuesta para fritura de chips de plátanos en la empresa Pasabocas Cielito se plantea, inicialmente, determinar las propiedades fisicoquímicas en tres mezclas de proporciones diferentes de aceites de palma y soya, guiados por

los parámetros de punto de humo, punto de fritura, índice de peróxidos e índice de acidez, los cuales se describen específicamente en metodología; en donde permita identificar las dos mejores proporciones mezcladas. Con los resultados obtenidos, se realiza un diseño experimental de mezclas para cada parámetro, con el fin de evaluar dos tiempos de fritura en las dos mezclas mejor calificadas y se selecciona la mezcla de aceites y el tiempo de fritura más apropiados respecto a los resultados de color, textura, contenido de humedad y absorción de aceite de los chips de plátano frito evaluados en un panel sensorial.

De acuerdo a lo anterior, el presente trabajo de modalidad de Innovación, optimización y desarrollo tecnológico comprende como objeto principal analizar las condiciones de tiempo de fritura y proporción de aceites para el procesamiento de chips de plátano verde y la formulación de una mezcla de aceites de soya y palma, que mejore el rendimiento y mantenga la calidad del producto final.

1.2 Antecedentes

Respecto al proceso de fritura, Gamble et al. (1987) fueron los primeros investigadores encargados de describir el proceso de fritura. En donde, la evaporación tiene sitios de escape mediante los puntos débiles de las uniones celulares de los alimentos en alineación con reacciones químicas que generan una corteza en los chips de plátano verde. Montes et al., (2015) mencionan la clasificación del proceso de fritura en las siguientes cuatro etapas:

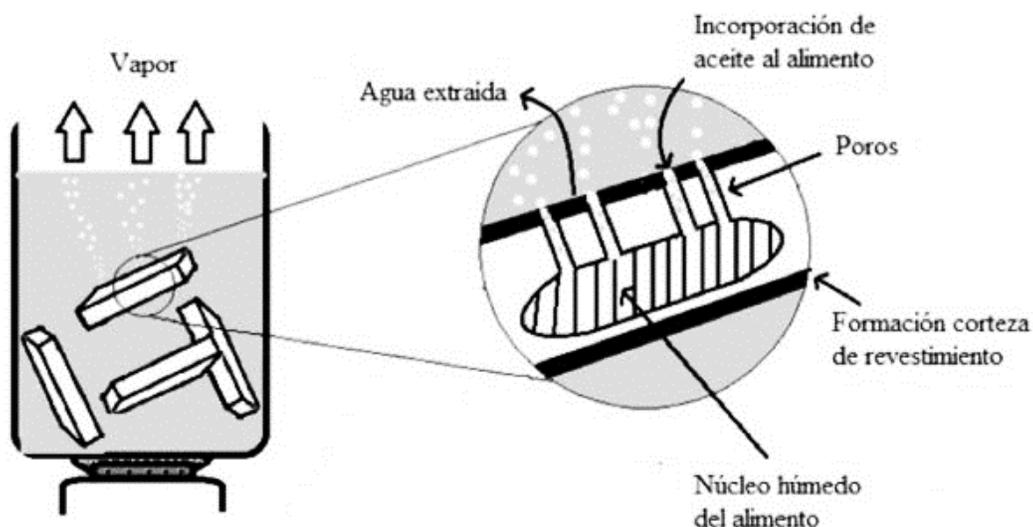
- Etapa de calentamiento inicial: Temperatura de la superficie del alimento que se eleva a temperatura de ebullición del agua superficial. Posee una duración de 10 segundos, caracterizada por una insignificante pérdida de agua y transferencia de calor a través de convección natural. (p. 8)
- Calentamiento de la superficie: El mecanismo cambia de convección natural a convección forzada, aumentando su transferencia. En esta etapa, el vapor de agua liberado por el alimento impide que el aceite ingrese, ahí comienza la formación de la corteza de revestimiento. (p. 8)

- Etapa de velocidad decreciente: Es la etapa más larga de todas, donde se pierde mayor humedad y la temperatura del centro se acerca al punto de ebullición del agua. La transferencia de vapor es constante y disminuye debido a la escasa agua libre y el engrosamiento de la corteza, que actúa como barrera para la liberación rápida de vapor. (p. 8)
- Etapa final o "punto final de burbujeo": Se destaca por el aparente cese de la pérdida de humedad en los alimentos, pudiendo deberse a la falta de agua líquida o una reducción en la transferencia de calor en la interfaz de la corteza/centro. (p. 8)

Montes et al. (2015) indica la fritura como una técnica para la cocción de comestibles y consiste en la inmersión del alimento en un aceite comestible (principalmente de origen vegetal) o grasa caliente para alcanzar la consistencia necesaria (mayoritariamente de origen vegetal o animal), debe mantener una temperatura sobre el punto de ebullición del agua para alcanzar el punto de fritura en donde también se genera la evaporación del agua libre contenida en el alimento y en cierta medida, es reemplazado por el medio de difusión en donde se fríe el alimento. El aceite actúa como transmisor de calor, produciendo un calentamiento rápido para la cocción uniforme del producto. El proceso de elaboración de los chips de plátano verde se realiza mediante la técnica de fritura por inmersión como se visualiza en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, en donde el aceite vegetal utilizado se considera el medio de difusión de los chips de plátano y su humedad tiende a ser reemplazada parcialmente por éste.

Figura 1

Fritura de plátano



Nota: descripción del proceso de fritura respecto a la evaporación de humedad y absorción de aceite vegetal. Fuente: Montes O et al., 2015

La fritura es un proceso fisicoquímico complejo, en el cual el producto a freír se somete a una temperatura alta con el propósito de modificar su superficie, impermeabilizándolo de alguna manera y evitando la pérdida de agua de su interior. De esta forma, es posible conservar muchas de las características propias del alimento, al mejorar en la mayoría de los casos el sabor, la textura, el aspecto y el color. Una de las formas de llevar a cabo el proceso de fritura es sumergiendo el producto en un medio líquido como el aceite, que es capaz de alcanzar temperaturas altas y constantes, por encima de 180°C, lo que modifica la superficie de los alimentos de origen proteico o con alto contenido en carbohidratos Valenzuela et al., (como se citó en Segurondo y Cortez, 2020).

Con relación a los tipos de aceite para el proceso de fritura, Testo (2015) afirma que, el aceite vegetal usado en frituras es un compuesto orgánico obtenido principalmente de semillas de plantas. Los aceites de soya, girasol, palma, maíz, canola y oliva representan los de mayor importancia en cuanto a consumo. Sin embargo, para el proceso productivo en Pasabocas Cielito la investigación

se desarrolla solamente con aceites de soya y palma debido a factores de costo y acorde a la metodología de fritura empleada en la empresa.

Keogh-Brown et al. (2019) afirman que, el aceite de palma tiene un contenido con alta proporción de ácidos grasos saturados, ácidos grasos poliinsaturados y ácidos grasos monoinsaturados. Por lo tanto, el aceite de palma evidencia los intereses de las políticas económicas, de salud y nutricionales.

El aceite de palma es altamente resistente en procesos de freído debido a su contenido de grasas saturadas y monoinsaturadas, las cuales retardan los procesos de degradación, por lo que sirve para freír alimentos a altas temperaturas. En una investigación de la composición de ácidos grasos en el aceite de palma fue más del doble respecto al de soya (Gómez et al., 2014).

En la **Tabla 1**, se referencia la composición de aceites, en donde indica la diferencia entre los aceites de palma y soya en cuanto a ácidos grasos.

Tabla 1

Composición de aceites

Tipo de aceite	Ácidos grasos (g/100g aceite)			
	Sustratos	Mono insaturados	Poli insaturados	Trans
Palma	49.300	37.000	9.300	Sin dato
Soya	15.660	22.783	57.740	0.533

Fuente: Testo (2015)

El aceite de soya es ideal para freír todo tipo de alimentos por ser menos viscoso que otros aceites vegetales, lo que hace que se escurra fácilmente al freír alimentos. El aceite de soya se caracteriza por su alto contenido nutricional. Posee ácidos grasos esenciales que abundan en las carnes rojas como son el Omega 3 y el Omega 6. Además, tiene un alto contenido de carbohidratos (Lafont et al., 2014).

Para la caracterización fisicoquímica del aceite, se identifica que, el punto de humo es la temperatura más baja de un aceite o una grasa durante el calentamiento inicial, en donde empieza a ser visible un humo en la superficie. Conforme al dictamen del Grupo de trabajo de expertos en química de los alimentos de los Estados federados y de la Oficina Federal de Salud de Estados Unidos, el punto de humo de un aceite para fritura debe medirse mínimo a 170 °C, para clasificar como utilizable. Debido a las diversas reacciones de descomposición que se producen en el aceite antes de y durante la fritura, el punto de humo se sitúa más abajo y el aceite comienza a humear a temperaturas más bajas.

Nielsen (como se citó en Rodríguez et al., 2016) menciona que, el índice de acidez (IA) refleja la cantidad de hidróxido de potasio (KOH) en miligramos que se utiliza para neutralizar los ácidos grasos libres contenidos en un gramo de grasa. De acuerdo a Kirk et al., (como se citó en Rodríguez et al., 2016). Se conoce como acidez total libre o grado de acidez al contenido, en tanto por ciento, de ácidos grasos libres, y puede expresarse en varias formas; cuando se refiere como porcentaje, la cifra de los ácidos grasos libres se expresa bajo el supuesto que el ácido libre es el ácido oleico.

La determinación del índice de peróxidos es la prueba para medir la oxidación en el aceite fresco. Sin embargo, no proporciona evidencia directa sobre el grado de descomposición de la grasa, ya que el número puede variar en gran medida. El índice de peróxidos es establecido como la cantidad de oxígeno en una medida de aceite (Eurolab, s.f.).

Hanna instruments (2023) afirma que, la medición de peróxidos en aceite comestible utilizado en el proceso de fritura es un análisis usado para determinar la calidad del aceite después de su uso en la cocina. El peróxido es un compuesto químico que se forma en el aceite cuando se somete a altas temperaturas y/o largos tiempos de fritura, cuando mayor es la cantidad de peróxido en el aceite utilizado para fritura indica que ha sido sometido a una oxidación significativa, lo que se traduce en rancidez del aceite y puede transmitirse consecuentemente al alimento afectando su sabor y por ende su calidad (p. 1). La determinación del índice de peróxidos indica la medición de los radicales libres formados en la oxidación lipídica durante su fase inicial, por ello, es posible estimar el grado de oxidación de un lípido (Ávila y Ordoñez, 2017).

En distintas investigaciones se requieren guías como normatividad específica para aplicar a distintos procesos inmersos en la metodología, a continuación, se relacionan normas aplicadas a la evaluación fisicoquímica de los aceites de fritura.

Tabla 2

Normatividad metodológica

Normativa	Aporte investigativo
AOAC 990.05	Indica el procedimiento para medición de acidez para grasas o aceites y establece los índices de acidez más favorables para el proceso de fritura, con el contenido más bajo de ácidos grasos libres.
AOAC 965.33	Es una metodología para establecer el índice de peróxidos con el fin de evaluar la calidad de los aceites comestibles, dado que se determina el inicio de la oxidación en el aceite en el momento de reacción con el oxígeno, dando paso a la formación de peróxidos. Con valores más elevados se favorecen los procesos de fritura por inmersión a altas temperaturas para la oxidación de ácidos grasos libres
NTC 5478	Especifica un método para determinar el punto de humo, chispa e ignición de grasas y aceites comestibles, vegetales y animales por el método de Cleveland de copa abierta.

Finalmente, en referencia a las características organolépticas de los chips de plátano, Gualtero, como se citó en Paz, (2018) ha desarrollado una investigación para evaluar la incidencia en la cantidad de grasa absorbida en plátano hartón verde (*Musa paradisiaca*) en fritura, por el uso de aceite de mezcla de aceites vegetales reutilizado. Se realiza la estandarización del proceso de fritura, teniendo en cuenta temperatura, tiempo de fritura y porción del alimento, las 12 muestras se secaron a 100°C, durante 4 horas para lograr un peso constante, posteriormente se pulverizo y fue tomado 2g por cada muestra, para ser analizadas por triplicado (36 muestras) en el laboratorio por el método de extracción de grasa y se determinó el porcentaje de grasa absorbida en cada muestra. De los resultados obtenidos se obtuvo que el promedio de grasa absorbida de las 12

muestras de patacón fue de 22.74%, presentando una diferencia significativa con lo reportado por la Tabla de Composición de Alimentos de Colombia (T.C.A.C) virtual con un 19.1%.

Alvis-Bermúdez et al. (2016), en su investigación utilizan plátanos del Municipio de Puerto Escondido en Córdoba, en estado verde de maduración, es decir, frescos y sanos, sin golpes; y su proceso de maduración fue supervisado en la Planta Piloto de Vegetales de la Universidad de Córdoba. Para evaluar la pérdida de humedad y la absorción de aceite en el proceso de fritura la muestra seleccionada tuvo en cuenta el estado de maduración de los frutos: Amarillo (A) y muy amarillo (MA), acorde a la escala de color para la maduración del banano propuesta por Van Loesseecke (1950) adaptada para plátano Dominic Hartón (Alvis et al., como se citó en Tirado et al., 2015). Se determina la pérdida de humedad colocando papel absorbente para absorber el aceite superficial de acuerdo al método A.O.A.C 930.15/90 y la absorción de aceite se realiza mediante el método A.O.A.C 920.39/90. La pérdida de humedad es menor debido a que la humedad interna se evapora del alimento y su temperatura central se eleva alcanzando el punto de ebullición del agua. Por otra parte, la absorción de aceite aumenta directamente proporcional al incremento de los tiempos establecidos a las tres temperaturas establecidas en su metodología, debido a la pérdida de humedad del producto que es reemplazada por aceite.

Cárdenas, cómo se citó en Osorio y David, (2017) plantea un estudio para establecer el método de preparación por fritura del plátano hartón verde que produce la menor absorción de grasa, en la fritura en aceite reutilizado y evaluar si la reutilización del aceite influye en la absorción en los alimentos, se recolectaron muestras precocidas y crudas. Se estandarizó el proceso de fritura para cada método teniendo en cuenta temperatura, tiempo de fritura y porción del alimento y de aceite. Los resultados obtenidos indicaron que el promedio de grasa absorbida de las muestras del plátano hartón crudo previo a la fritura fue de 32,23% y el del plátano precocido por microondas previo a la fritura fue 33,53%, presentando diferencia entre métodos, pero estadísticamente no fue significativa, por lo tanto, se concluye que, realizar un pretratamiento adicional para la estandarización no es conveniente para la producción. Con lo anterior se concluye, que los dos métodos absorben una cantidad similar de grasa, y que la reutilización del aceite influye en la absorción de grasa, siendo que, a mayor reutilización del aceite, mayor es la absorción en el alimento.

Algunos parámetros como el olor, sabor y color de un producto bajo el proceso de fritura en aceite se pueden afectar según las condiciones de fritura como el tiempo y la temperatura, la calidad del aceite, las características de la materia prima, y la superficie de contacto con la materia prima. Debido al freído a altas temperaturas se intercambia calor y masa que causan la evaporación de agua libre del plátano verde y es reemplazada por aceite, finalmente, se genera una costra en la superficie protegiendo la entrada o salida de agua de los chips de plátano, manteniendo un contenido de humedad estable. El proceso provoca la destrucción de enzimas y microorganismos degradadores del producto, microorganismos patógenos, y, además, disminuye la actividad de agua del producto (Bordin et al., como se citó en Onofre y Triviño, 2022).

La textura o también llamada como dureza indica la fuerza máxima en un tiempo determinado durante el primer ciclo de compresión e identifica que la fuerza de fractura es la fuerza mínima ejercida. La dureza de un alimento, generalmente, está relacionada con la crocancia y el contenido de humedad, en caso de que al aumentar este último el producto tenga mayor firmeza, hace que la penetración del texturómetro tenga mayor dificultad evidencia un aumento en el pico de fuerza y mayor dureza (LEPE, como se citó en Mostacilla y Ordoñez, 2019).

El diseño experimental realizado por Alvis et al, (como se citó en Tirado et al., (2015), frente al estudio de la fritura de los trozos de Ñame, en donde se analiza la transferencia de calor y materia evaluada durante el proceso de freído de trozos de ñame en aceite de soya. Durante la investigación se estandariza la forma del producto como paralelepípedo de 0.8 * 0.8 * 4 cm y se sometieron al proceso de fritura variando la temperatura entre 140, 160 y 180 °C, además de la variación de tiempo de fritura, en el proceso se fijó el aceite de soya como soluto. Para determinar la medición de la temperatura se insertaron 2 termopares de 0,25 mm de diámetro por los extremos del trozo y para la medición de temperatura del aceite se otro termopar similar; para cada variación de las condiciones de freído se utilizaron 2 trozos de ñame, cada uno con tres réplicas en su diseño experimental. La investigación planteada se relaciona con la investigación en curso planteada teniendo en cuenta las similitudes entre los tipos de variación que se determinan para el diseño experimental en un proceso de fritura por inmersión en aceite de soya.

Un diseño de experimental de mezclas que tienen componentes trata un conjunto de experimentos en los que se prueban distintas combinaciones en donde se deben satisfacer que la suma de todos los componentes que integran la mezcla debe ser 100%, esto significa que los componentes no pueden ser manipulados independientemente unos de otros, y que sus proporciones deben variar entre 0 y 1 (Ortega-Pérez et al, 2015).

Se emplea un diseño de mezclas simplex con el fin de evitar las limitaciones de variación (Bastos et al., 2016). Se utiliza el diseño de mezclas simplex de 10 niveles (incluyendo el control) para la valoración de tallarines libres de gluten enriquecido con pulpa de zapallo deshidratada (PZD), el análisis de varianza en términos lineal, cuadrático, cúbico completo y cúbico especial para determinar el ajuste en variables como adhesividad sensorial, masticabilidad sensorial y ganancia de peso, además, se buscó evaluar el efecto de cada tratamiento de calidad de TLG (análisis proximal, esfuerzo a la fractura, calidad de cocción, color, microestructura y aceptabilidad sensorial). Las variables de respuesta (aceptación sensorial del color, olor, adhesividad, elasticidad, masticabilidad y sabor; composición proximal, esfuerzo a la fractura, calidad de cocción), se seleccionaron acorde a los valores de R² experimental y ajustado (> 0,9) y significancia ($p < 0,05$). Adicionalmente, para la evaluación de las muestras luego de la adición respecto a las características fisicoquímicas: calidad de cocción, esfuerzo a la fractura y aceptación sensorial se realizó un análisis de varianza ANOVA con prueba de Tukey y se identificaron diferencias significativas ($p < 0,05$). Adicionalmente se hicieron correlaciones de Pearson para encontrar la relación entre los valores de esfuerzo a la fractura y proporción de PZD en las mezclas, el tamaño del poro y el esfuerzo de fractura, así como el tamaño del poro con la proporción de PZD en la mezcla. Todos los análisis estadísticos de este estudio se realizaron en Minitab v.17.

1.3 Justificación y Planteamiento del problema

1.3.1 Justificación

La empresa Pasabocas Cielito mantiene un proceso de estandarización en la producción de sus productos en búsqueda de la optimización de tiempo y recursos, para su desarrollo, es fundamental enfocarse en promover la economía de la materia prima. De acuerdo con Moreira (2018), el uso de

un aceite con alto rendimiento y durabilidad permitirá reducir los costos directos de producción disminuyendo los costos de materia prima, de manera que un mismo aceite no se absorba en su mayoría en solo una fritura y se pueda reutilizar parcialmente para otro lote de producción. La empresa está gastando 600 litros de aceite vegetal con un costo de \$5.250.000 COP cada mes, cuya variación aumenta alrededor del 8% quincenal, utilizado para el proceso de fritura de 400 kilogramos mensuales, de los cuales, luego de la adecuación de la materia prima, resultan aproximadamente 155 kilogramos destinados a la preparación de chips de plátano,

El propósito de esta investigación es evaluar tres mezclas de aceites vegetales, variando la composición de aceite de soya y de palma y su efecto en el rendimiento del proceso de fritura de plátano verde, buscando reducir los costos de producción y aumentar la productividad. La determinación de los tipos de aceite y la proporción viable técnicamente en una mezcla para la fritura de los chips de plátano permite a la empresa Pasabocas Cielito obtener beneficios respecto a los costos de producción y el rendimiento del aceite priorizando la calidad de los chips de plátano. Además de inclinarse por la proporción del aceite seleccionado y manteniendo una temperatura establecida es importante definir el tiempo del procedimiento con el fin de estandarizar el proceso para obtener un producto final con las mismas características durante todos los lotes de producción.

Referente al factor social es imprescindible comercializar un producto que sea conveniente para el bienestar y la salud de los consumidores, en las frituras abarca evitar la aparición de muestras de hidroximetilfurfural (HMF, $C_6H_6O_3$) en el producto final y el aceite de fritura, que se forma durante la descomposición térmica de los glúcidos en cocciones superiores a temperaturas de 120°C en alimentos que contengan almidón, como es el caso del plátano verde (*Musa Cavendishii*) con un 68,1% de almidón total y 21% de almidón resistente (Soto, como se citó en Ochoa, 2024). El HMF es un aldehído al que se le atribuyen algunas propiedades carcinogénicas y es considerado uno de los mayores contaminantes químicos de neoformación debido a su elevado contenido toxicológico (Echeverri et al., 2014). Por su parte, la Organización de las Naciones Unidas (como se citó en Bernal y Chávez, 2023), desde el punto de vista de la salud, aconseja el uso de grasa de fritura con una proporción de ácidos grasos insaturados lo más alta posible por poseer una alta proporción de ácidos grasos requeridos por las células que no produce el organismo, afirmando que hay una evidencia convincente de que los ácidos linoleico (LA) y alfa-linolénico (ALA) son esenciales ya

que no pueden ser sintetizados por los humanos, los cuales son provenientes de ácidos grasos poli insaturados.

Por otra parte, las ventas y sostenibilidad de la empresa Pasabocas Cielito afectan el bienestar social de algunas familias por la cantidad de empleos generados en la empresa, que son 8 directos y 3 indirectos. Adicionalmente, es primordial mantener la calidad de los chips de plátano verde porque como empresa íntegra, adquiere la obligación de ofrecer un producto que no afecte considerablemente el bienestar de los clientes que lo consumen.

En el ámbito financiero de la empresa Pasabocas Cielito está gastando 600 L de aceite vegetal para la producción de aproximados 155 kg de chips de plátano verde, la mezcla de aceites tiene un costo de \$5.250.000 COP cada mes, cuya variación aumenta alrededor del 8% cada quince días. El aceite quemado residual, se reutiliza para la fabricación de un subproducto, proceso que es totalmente ajeno a la empresa.

En relación al factor medio ambiental, según González y González (2019), “un litro de aceite desechado puede contaminar cerca de 40.000 litros de agua, lo equivalente al consumo de agua anual de una persona en su domicilio, pues contiene aproximadamente 5.000 veces más carga contaminante que el agua residual que circula por las alcantarillas y redes de saneamiento”, por esto, los residuos generados por el deterioro del aceite que se utiliza en la producción de los chips de plátano cuentan con un proceso de reutilización mencionado anteriormente, de manera que sea amigable con el cuidado del medio ambiente y disminuya la contaminación de las fuentes hídricas.

La selección de un tipo de aceite o proporción de aceites se realiza teniendo en cuenta los factores mencionados y cómo afectará la producción de la empresa, por lo tanto, se entiende que reducirá los costos de producción puesto que el rendimiento se evidencia en la disminución de cantidad de aceite absorbido por el plátano, asegurando mantener las características del producto final durante una mayor cantidad de frituras en el mismo líquido oleoso.

Finalmente, Pasabocas Cielito es una empresa dedicada a la producción de 29 tipos de snacks y entre ellos algunas frituras, de estos; el 45% de las ventas totales de la empresa corresponden a los chips de plátano verde, ahí radica la importancia de perfeccionar su proceso productivo.

1.3.2 Planteamiento del problema

Actualmente, la empresa está gastando 600 L al mes de aceite vegetal para el proceso de fritura del plátano, lo que aproximadamente le cuesta \$5.250.000 COP m/cte mensuales, debido a que importan una mezcla de aceites vegetales de soya y palma de composición desconocida, que le suministra un proveedor desde el país de Ecuador, y que debe adquirir por razones de costo, en comparación con otros aceites vegetales, debido a que la variación actual de precios del insumo supera el 8% quincenal según cifras de la empresa; por ello, el costo de la mezcla lista de aceites de soya y palma que la empresa adquiere como materia prima, se encuentra afectado y ronda el valor de \$8.750 por litro.

Tomando como base el rendimiento de la mezcla de aceites utilizada actualmente, la empresa tiene la necesidad de evaluar distintas proporciones de los aceites que conformen la misma, con el objetivo de identificar la mezcla que genere mayor vida útil, es decir, la mezcla más resistente a los ciclos de producción de fritura continua, de manera que permita disminuir el costo directo sin afectar la calidad del producto final.

En la empresa se procesan plátanos verdes tres días a la semana y en cada fritura inicial se utilizan alrededor de 7 kg de plátano y 27 L de aceite, con una relación de 1:3,85, respectivamente, en donde el aceite se encuentra afectado por la fritura debido a varios factores, como la temperatura, la composición química del aceite y la presencia de ácidos grasos insaturados. Algunas diferencias observadas en el aceite vegetal durante el proceso de fritura incluyen la formación de color, absorción de grasas, alteraciones térmicas, y reacciones químicas; lo que influye en su vida útil y además genera implicaciones en términos de seguridad alimentaria.

Adicionalmente, en las condiciones de fritura de este producto se identifica que durante la producción, la empresa debe completar entre el 35% al 45% de la totalidad del aceite para cada

lote de fritura debido a la problemática referente a la evaporación de aceite y al nivel de absorción de aceite en los plátanos, de manera que, se genera una mezcla de aceite usado con aceite limpio, sin embargo, la cantidad es un dato variable en cada una de las frituras debido al deterioro constante que depende de la cantidad de reutilizaciones porque las propiedades están en constante cambio. En este sentido, la empresa requiere alternativas técnicas de una mezcla de aceites vegetales que le permitan disminuir sus costos.

Pasabocas Cielito durante el año 2020 ha intentado utilizar aceite de soya y aceite de palma sin mezclarlos, sin embargo, el rendimiento del aceite es deficiente porque aumentó la absorción de aceite aproximadamente en un 10%, al igual que los costos de materia prima que se especifican en la justificación. Además, se determina que el rendimiento y durabilidad del aceite es menor de acuerdo a la experiencia de la empresa debido al aumento de absorción de aceite en los chips de plátano. La cantidad de frituras realizadas con un mismo aceite afectan las características del producto final porque las condiciones organolépticas del aceite se deterioran en medida de su uso y afecta en la calidad estándar del factor fisicoquímico del producto final. Si bien, el uso de la premezcla mejoró el rendimiento respecto al uso de aceites vegetales de soya y palma por separado en un 10%, dato que a escala productiva es significativo, no se ha evaluado que sea el mejor y esa diferencia dependerá de la proporción porcentual de aceite de soya y aceite de palma que conforman la mezcla. El rendimiento se evalúa en cuanto a la calidad de los chips de plátano y al aumento de costos de producción que se afecta directamente por el costo del aceite y la cantidad de veces que es posible reutilizarlo para la fritura, además, luego de la determinación de una mezcla óptima de aceites, fijando la temperatura de fritura es necesario establecer el tiempo necesario para la misma, por lo tanto, afecta costos en equipos y servicios públicos utilizados en el proceso.

En cuanto a la materia prima requerida, se procesa el plátano verde de la variedad *Musa Paradisiaca* para obtener los chips de plátano, de acuerdo al marco teórico, la absorción de aceite de éste dependerá de la cantidad de humedad contenida, el plátano presenta en promedio 65% de humedad (Martínez et al., 2016).

De manera que, la investigación promueve su enfoque en establecer: ¿cuáles son las condiciones de tiempo de fritura y mezcla de aceites que permitan mejorar el rendimiento del proceso de fritura

de plátano en la empresa Pasabocas Cielito, sin variar significativamente las características fisicoquímicas y organolépticas (color, sabor, olor, cantidad de aceite absorbida, contenido de humedad y textura) del producto final y de qué manera afectan en el procedimiento?

1.3.3 Hipótesis

La formulación de la mezcla de aceites y el tiempo afecta el rendimiento del proceso de fritura de plátano, las características fisicoquímicas y organolépticas (color, sabor, olor, cantidad de aceite absorbida, contenido de humedad y textura) del producto final y, por ende, los costos de producción.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar las condiciones de tiempo de fritura y proporción de aceites en el procesamiento de chips de plátano verde en la empresa Pasabocas Cielito para mejorar el rendimiento de la producción.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar las características fisicoquímicas (punto de humeo, punto de fritura, peróxidos y acidez) de los aceites a evaluar.
- Establecer la mejor proporción de las mezclas de aceites propuestas en función de los parámetros de color, cantidad de aceite absorbida, contenido de humedad y textura; en el producto final.
- Evaluar las características y propiedades fisicoquímicas del producto final y el rendimiento del aceite.

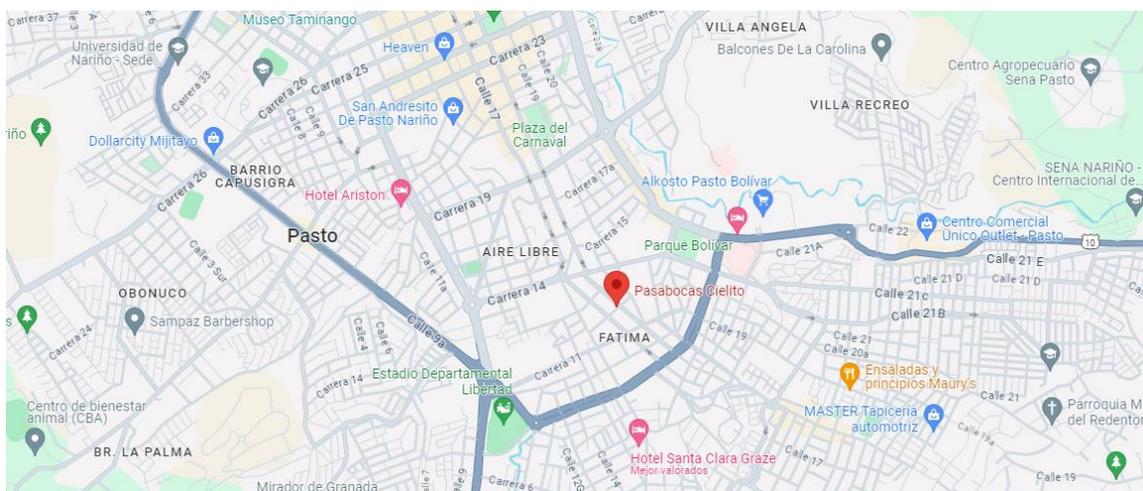
1.5 Materiales y Métodos

1.5.1 Área de estudio

La empresa Pasabocas Cielito está ubicada en la Calle 18 # 15 – 75, en el área urbana de la ciudad de San Juan de Pasto, Nariño. A continuación, en la Figura 2, se visualiza su ubicación geográfica.

Figura 2

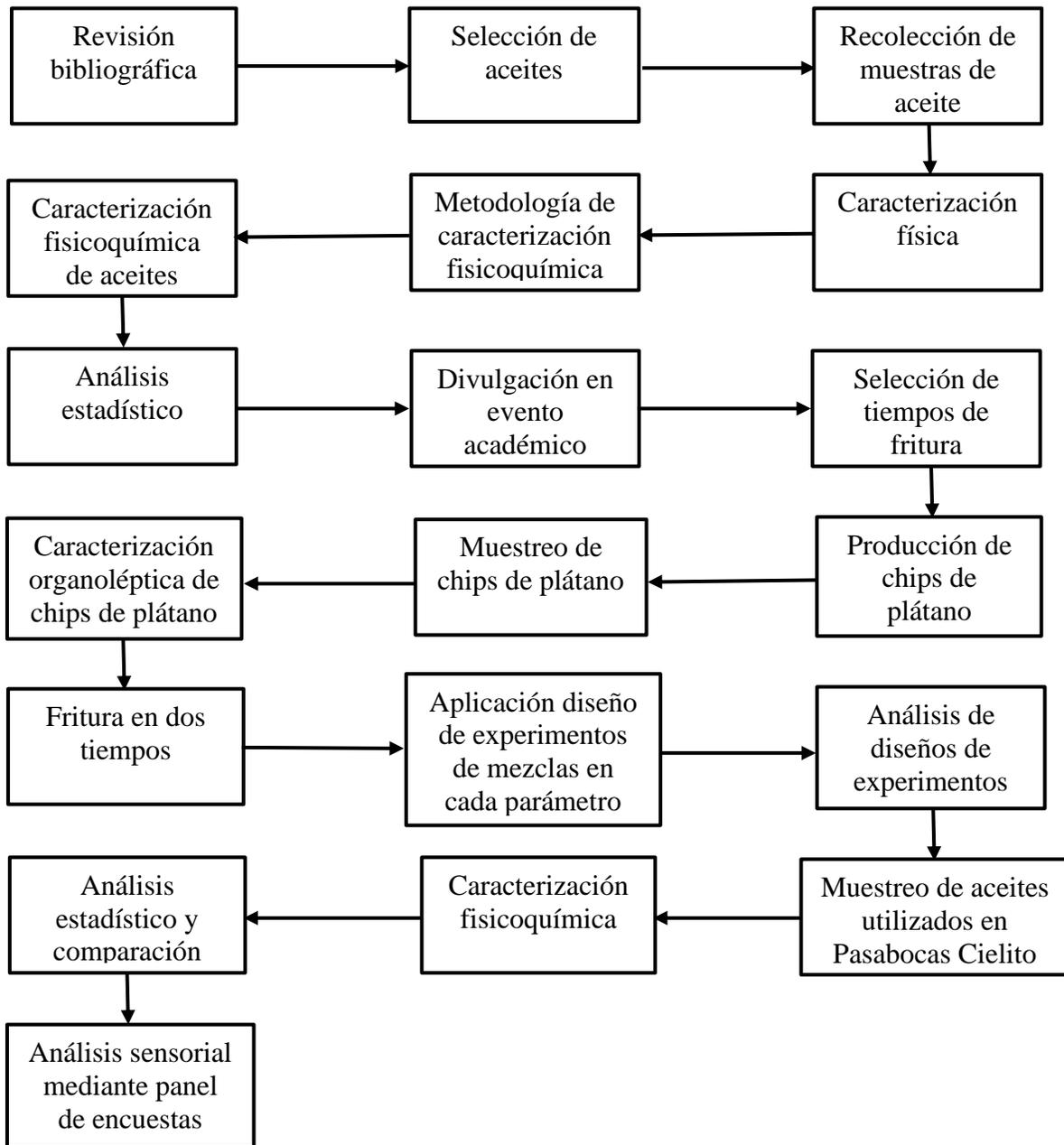
Área de estudio



Fuente: Google maps.

1.5.2 Descripción de metodologías

A continuación, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se visualiza la ruta metodológica que integra la producción de chips de plátano con el análisis de estudio que se ha establecido para dar cumplimiento a la investigación, objetivos establecidos y resultados esperados, en ella se describen los procesos principales.

Figura 3*Metodología de investigación*

1.5.2.1 Determinar las características fisicoquímicas (índice de acidez, índice de peróxidos, punto de humo y punto de fritura) de los aceites a evaluar. La caracterización fisicoquímica se realiza a las mezclas de aceite propuestas, que se describen a continuación:

- Muestra 1: 100% aceite de soya.
- Muestra 2: mezcla de aceites propuesta: 75% soya y 25% palma.

- Muestra 3: mezcla de aceites propuesta: 50% soya y 50% palma.
- Muestra 4: mezcla de aceites propuesta: 25% soya y 75% palma.
- Muestra 5: 100% aceite de palma.

Se requiere realizar análisis en el laboratorio de Química de la Universidad Mariana de los siguientes parámetros:

1.5.2.1.1 Índice de acidez. Para su determinación en la muestra de cada una de las mezclas de aceite se aplica la metodología AOAC 990.05 (AOAC Official Method, 2014). Se recomienda que, el aceite esté frío para la medición de la prueba, debido a que es muy sensible al calor (Testo SE & Co. KGaA, 2015).

Se pesan 2,5g de muestra de aceite, continuamente se añade 15 mL de etanol (96 % V/V), se agregan 5 gotas de fenolftaleína (1 % m/V) como indicador y se titula con hidróxido de potasio (0.1 N) hasta obtener un color rosa pálido. Posteriormente, se aplica la siguiente ecuación para establecer el índice de acidez:

Ecuación 1

Índice de acidez

$$IA = \frac{56 * (V_m - V_b) * N}{Q}$$

Donde:

IA= Índice de acidez (mg KOH/g)

V_b = ml KOH gastado en la titulación del blanco

V_m = ml KOH gastado en la titulación de la muestra

N= Normalidad de KOH

Q= Gramos de la muestra

1.5.2.1.2 Índice de peróxidos. Cuando el aceite se encuentra en contacto con el oxígeno atmosférico produce la oxidación de los ácidos grasos, dando lugar a los peróxidos. Adicionalmente, se acelera debido a la acción de la luz y el calor sobre los aceites comestibles durante el proceso de fritura. El índice se determina acorde a la capacidad de los peróxidos para liberar yodo a partir del yoduro de potasio, es un indicativo del grado de rancidez del aceite y se desarrolla acorde al método AOAC 965.33 (Hanna Instruments, 2021).

Se pesan 5g de muestra y se agrega 15 mL de mezcla de ácido acético glacial:cloroformo (3:2), se agrega 1 mL de yoduro de potasio (10 % m/V), se agita durante 2 minutos y se deja reposar durante 1 minuto. Se adiciona 50 mL de agua destilada, 1 mL de almidón (1 % m/V) y se titula con tiosulfato de sodio (0.1 N) hasta la desaparición del color. En seguida, se establece el índice de peróxidos aplicando la siguiente ecuación:

Ecuación 2

Índice de peróxidos

$$IP = \frac{V * N * 1000}{Q}$$

Donde:

IP= Índice de peróxidos

V= ml $Na_2S_2O_3$ gastado en la titulación

N= Normalidad de $Na_2S_2O_3$

Q= Gramos de la muestra

1.5.2.1.3 Punto de humo. Este parámetro en los aceites indica la temperatura en la que se descomponen sus compuestos y se regula indirectamente por el contenido de los ácidos grasos libres que se evalúan mediante el índice de acidez y la formación de compuestos polares. Si bien, no se establece la temperatura límite del punto de humo para aceites vegetales durante la fritura, el Codex Alimentarius CAC/RCP 13-2003 sugiere que debe ser mayor o igual a 200°C, es decir, supera el punto de fritura. Su prueba se realiza netamente de carácter visual verificando mediante un termómetro externo, para obtener la información más precisa posible sobre la temperatura del punto de humo (Testo y KGaA, 2015).

Es la temperatura a la que aparece humo sobre el aceite. Al superar ese punto hace que se quemé. En cada ciclo de fritura el punto de humo disminuye y el aceite pierde calidad, por tanto, su vida útil disminuye y en producción, se entiende como menor cantidad de usos (Aceites García de la Cruz, 2017).

Adicionalmente, la forma de rectificar los datos obtenidos mediante la observación es la guía por revisión bibliográfica sobre cada tipo de aceite. Aceites García de la Cruz (2017) afirma que, el aceite de soya empieza a humear a 257°C, mientras que, el aceite de palma tiene su punto de humo a 230°C.

1.5.2.1.4 Punto de fritura. Uno de los requisitos del aceite para frituras por inmersión, con mayor razón, de uso industrial, es que sea estable en condiciones verdaderamente extremas, es decir, altas temperaturas y humedad aportada por los chips de plátano (FAO, 2017).

En general, en la fritura el aceite debe mantenerse a una temperatura máxima de 190 °C (Ministerio de Salud de Argentina, 2020). Si se fríen los alimentos a una temperatura demasiado baja, éstos atrapan más grasa. En el caso específico de la empresa Pasabocas Cielito durante la producción de chips de plátano se mantiene una temperatura de 177°C debido a las condiciones de fritura establecidas a nivel interno porque la freidora utilizada en el proceso permite estandarizar esa condición. Por lo tanto, este indicador no se lleva a medición acorde a las mezclas de aceite considerando que, independientemente del tipo y mezcla de aceites utilizado en la fritura de los chips de plátano, la temperatura se mantendrá constante.

1.5.2.2 Establecer la mejor proporción de las mezclas de aceites propuestas en función de los parámetros de color, cantidad de aceite absorbida, contenido de humedad y textura; en el producto final.

Teniendo en cuenta el análisis fisicoquímico planteado más atrás, se realizan las pruebas especificadas a continuación para los distintos parámetros únicamente sobre las dos mezclas más destacadas de acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente.

1.5.2.2.1 Textura. Se realiza la prueba utilizando un texturómetro con soporte, donde se mide la crocancia de los chips de plátano mediante un punzón de 3 mm con velocidad de 30 mm/min utilizando las dos mejores mezclas de aceites resultantes del análisis fisicoquímico realizado para el cumplimiento del primer objetivo de esta investigación, adicionalmente, se miden las muestras de chips de plátano producidas en 2 tiempos de fritura (Lucas et al, como se citó en Arriola-Guevara, 2020).

1.5.2.2.2 Aceite absorbido. Se determina el contenido de grasa utilizando el método Garver, que funciona mediante el principio de compresión. El proceso se desarrolla tomando una muestra de 10 gramos del producto obtenido en cada una de las frituras obtenidas con las 2 mezclas de aceites y los 2 tiempos seleccionados con anterioridad, luego, se macera y se introduce un pistón aplicando 40 psi de presión con un dispositivo hidráulico en un intervalo de 120 segundos, finalmente, se pesa y se calcula la diferencia, la cual corresponde al contenido de aceite de cada muestra de producto (Lucas et al, como se citó en Arriola-Guevara, 2020). Se aplica la Ecuación 3, para calcular la diferencia de pesos y obtener el contenido de aceite en gramos.

Ecuación 3

Aceite absorbido

$$\text{Aceite absorbido} = \text{Peso de la muestra} - \text{Peso post maceración}$$

1.5.2.2.3 Contenido de humedad. Teniendo en cuenta que, para la industria de productos alimenticios con proceso de fritura es preferible utilizar insumos con la menor cantidad de agua con el objetivo de evitar la penetración de aceite en el producto final, para lo cual se establece un rango de humedad entre el 57% y 61% (Pinzón et al., 2016). Pasabocas Cielito realiza sus chips, con el plátano verde de especie *Musa paradisiaca* debido a que su contenido de humedad es de 58,1%, es decir, está comprendido en el rango de humedad con menor absorción de aceite. Posteriormente, se realiza la medición a las 4 muestras de producto correspondientes a las frituras en 2 mezclas de aceites y 2 tiempos de fritura, realizando una adaptación entre el método A.O.A.C. 925.10 y el método gravimétrico utilizando una balanza de precisión, de esta manera,

el contenido de agua en la muestra se calcula por la diferencia de peso y se expresa en % de humedad (g de H₂O/100 g de muestra) mediante la Ecuación 4.

Ecuación 4

Contenido de humedad

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra húmeda}} * 100$$

1.5.2.2.4 Color. Para la determinación del color más adecuado de los chips de plátano verde, se tiene como referencia las características del producto obtenido actualmente a condiciones normales de la empresa Pasabocas Cielito. En la medición del color se realiza un análisis mediante un método sensorial dinámico que depende simultáneamente de la intensidad de color y el tiempo, los valores se evalúan acorde a la escala CIELAB, siendo un modelo compuesto por:

- Luminosidad = 0 a 100
- a = rojo-verde (120 a -120)
- b = amarillo-azul (120 a -120)
- C = croma
- h = tonalidad

La escala mencionada permite calcular la diferencia total de color (ΔE), valor que indica la distancia entre las localizaciones de color en el espacio, la Ecuación 5 representa la distancia mencionada.

Ecuación 5

Diferencia total de color

$$AE = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

Donde:

$\Delta L = L_{muestra} - L_{estandar}$, representa la diferencia de luminosidad.

$\Delta a = a_{muestra} - a_{estándar}$, representa la diferencia de rojo/verde.

$\Delta b = b_{muestra} - b_{estándar}$, representa la diferencia de amarillo/azul.

Se calcula la diferencia mencionada mediante el software image.j, es un programa de procesamiento de imágenes digitales y finalmente, se analizan los resultados con un diseño experimental de mezclas en el software Statgraphics para determinar el mejor resultado de las muestras analizadas sobre el parámetro de color.

El color de los chips de plátano puede depender del tiempo, temperatura y tipo de aceite en su fritura y está sujeto al contenido de humedad e influir en la aceptación del consumidor. Los cambios de color de los productos fritos se deben principalmente al contenido de azúcares reductores presentes en las materias primas (Altunakar et al., como se citó en Arriola-Guevara, 2020).

Posteriormente, de acuerdo con los resultados obtenidos de cada uno de los parámetros se realiza un análisis global que garantiza el descarte de las mezclas de aceite con indicadores de menor calidad, es decir, continúan en la evaluación final las dos mejores mezclas.

1.5.2.3 Evaluar las características y propiedades fisicoquímicas del producto final y el rendimiento del aceite. A partir de las dos mejores muestras obtenidas de acuerdo con los parámetros evaluados en el anterior objetivo específico y con el fin de medir la aceptación del producto realizado en las distintas mezclas de aceite en donde se realizaron las frituras, se realiza un panel de encuestas digitales como se describen a continuación.

1.5.2.3.1 Panel sensorial. Consiste en el desarrollo de encuestas digitales con un nivel del 95% de confianza, en donde se garantiza el cumplimiento de la ISO 20252:2019, la cual, acoge el soporte electrónico como método de investigación y, por otra parte, la ISO 26362:2009 para el manejo adecuado de la información personal recolectada en investigaciones de mercado y estudios sociales, asegurando la confidencialidad y la integridad de los datos y la Ley 1581 de 2012, que establece las disposiciones generales para la protección de datos personales en Colombia. Según Pasabocas Cielito, la población segmentada son aproximadamente 207.672

personas correspondiente a población masculina y femenina de los 4 a los 44 años, es decir, es un público no entrenado pero consumidor del producto, de las cuales se realiza un muestreo con un margen de error del 5%, aplicando la siguiente ecuación para determinar la estimación del tamaño de muestra:

Ecuación 6

Estimación del tamaño de muestra

$$n = \frac{4pqN}{s^2(N - 1) + 4pq}$$
$$n = 385$$

En donde:

n= tamaño de la muestra

p= probabilidad de que se realice el evento

q= probabilidad de que no se realice el evento

s= error permitido al cuadrado

N= tamaño de la población finita

Posterior a ello, se establece la encuesta y se aplica de manera aleatoria a distintas personas en la ciudad de Pasto, ofreciendo las dos muestras de chips de plátano freídas en las dos mejores mezclas de aceites y una muestra testigo adicional, la cual conserva las condiciones de operación de la empresa Pasabocas Cielito.

La encuesta se realiza desde el día 2 de septiembre hasta el día 9 de septiembre del año 2024 en distintos lugares de la ciudad de Pasto como el parque Santiago y el parque Bolívar mediante un formulario en línea, diligenciado por cada una de las personas encuestadas, en donde se cuestiona acerca del perfil del consumidor y específicamente sobre la caracterización organoléptica de las tres muestras de chips de plátano ofrecidas, en donde se cuestiona sobre los parámetros de color, haciendo referencia a qué tan adecuado es, sin aparentar una sobre cocción que oscurezca el color de los chips, la absorción de aceite para identificar la apariencia adecuada o excesivamente grasosa en la superficie del producto y,

la textura y el contenido de humedad, relacionados con la caracterización crocante de los chips de plátano. Las respuestas se analizan con el fin de seleccionar la muestra de chips de plátano verde que ofrece mayor calidad y satisfacción al público de acuerdo con los parámetros mencionados anteriormente (color, cantidad de aceite absorbido, contenido de humedad, textura) dado a que son características sobresalientes en los snacks como frituras.

1.5.2.3.2 Rendimiento del aceite por valoración de compuestos polares. Los compuestos polares son el indicador global del nivel de alteración sobre la calidad del aceite y se utiliza el medidor de aceite de frituras testo 270 para la medición de compuestos polares totales en aceite de fritura, debido a que es un instrumento de uso directo, el cual tiene un punzón, que se introduce durante 10 segundos en 20 mililitros de cada una de las muestras 2 y 3, mencionadas más atrás, tanto limpias como luego de varios lotes de fritura a una temperatura aproximada de 177°C. Posteriormente, el equipo arroja inmediatamente el porcentaje de compuestos polares presentes en el aceite de fritura y de acuerdo con Cientisol (2024), se evalúa su estado tomando como referencia la Tabla 3.

Tabla 3

Clasificación de aceites según el % de compuestos polares

% de compuestos polares	Estado
< 14	Poco usado
14 – 18	Usado
18 – 22	Usado, aún apto
22 – 24	Muy usado, recomendado renovar
> 24	Degradado e inutilizable

La metodología propuesta permite la optimización del cambio de aceite en el momento adecuado, de forma que garantice el correcto uso del aceite reutilizado en las frituras y aprovechando de la mejor manera los recursos económicos invertidos en la adquisición de los insumos utilizados y, por otra parte, garantiza el ofrecimiento de un producto que no afecta la salud pública, desde el mantenimiento de calidad en el proceso y en el producto ofertado al público.

1.6 Diseño experimental de mezclas

Para cada uno de los parámetros mencionados anteriormente se realiza un diseño de experimentos aplicado a la fritura a 2.8 minutos y otro para la fritura a 3.2 minutos, en ambos casos se desarrolla un diseño de mezclas debido a que el proceso productivo se realiza con un solvente conformado por dos componentes, los cuales dependen el uno del otro, así, se entiende que la composición total debe ser de 1, haciendo referencia al 100%. El análisis se realiza mediante el software Statgraphics, en donde se ingresan los datos de composición porcentual de cada aceite presente en la mezcla y, por otra parte, el resultado obtenido de cada una de las muestras en los parámetros de aceite absorbido, contenido de humedad, textura y color, en seguida, se obtienen los efectos estimados del modelo completo para cada factor evaluado con ANOVA indicando el análisis de varianza y la significancia de la diferencia entre los datos, finalmente, se obtienen las gráficas pertinentes.

1.7 Resultados esperados

Tabla 4

Resultados esperados

Objetivo específico	Actividades	Resultados esperados
Determinar las características fisicoquímicas (punto de humeo, punto de fritura, peróxidos y acidez) de los aceites a evaluar.	Recolección de muestras de aceites. Caracterización física. Mezcla de aceites con proporciones establecidas. Prueba índice de acidez. Prueba índice de peróxidos. Medición del punto de humo. Medición del punto de fritura. Análisis estadístico. Ponencia en el IV Encuentro Internacional de Experiencias Significativas en Procesos Industriales y II Congreso Nacional de Ingeniería de Procesos.	Caracterización fisicoquímica de los aceites en blanco y las respectivas mezclas. Certificado de ponencia en evento académico.

Establecer la mejor proporción de las mezclas de aceites propuestas en función de los parámetros de color, sabor, olor, cantidad de aceite absorbida, contenido de humedad y textura; en el producto final.	Recolección de muestra de chips de plátano. Prueba de textura. Prueba de color. Prueba de aceite absorbido. Prueba de contenido de humedad. Fritura en 2 tiempos. Aplicación de diseño experimental para las variables mencionadas. Análisis de resultados del diseño de experimentos.	Estimación de parámetros evaluados en los chips de plátano. Selección de tiempos de fritura. Diseño experimental de mezclas para cada parámetro. Selección de la mejor mezcla de aceites propuesta.
Evaluar las características y propiedades fisicoquímicas del producto final y el rendimiento del aceite.	Recolección de muestras de aceites utilizados en Pasabocas Cielito (limpia y degradada). Caracterización física Prueba índice de acidez Prueba índice de peróxidos Medición del punto de humo Medición del punto de fritura Análisis estadístico con comparación del aceite limpio y aceite degradado por fritura continua Análisis sensorial mediante panel de encuestas Medición de compuestos polares	Estimación del rendimiento del aceite durante la producción de chips de plátano verde. Evaluación de propiedades fisicoquímicas de los chips de plátano con la mezcla de aceites seleccionada.

1.8 Línea de investigación y área temática

El presente trabajo de investigación hace parte de la modalidad de Innovación, optimización y desarrollo tecnológico porque pese a ser un trabajo investigativo, brinda solución a una problemática interna, la cual exige realizar cambios en la naturaleza de las propiedades fisicoquímicas de la mezcla de aceites para la estandarización de la fritura de chips de plátano verde. Se realiza una investigación evaluativa mixta, de manera que, durante el presente estudio se realizan procedimientos que garanticen la recolección de datos confiables mediante una serie de actividades sujetas al cumplimiento de cada objetivo específico, en consecuencia, se obtienen resultados garantizados y efectivos para conseguir el éxito de la investigación.

2 Resultados y discusión

2.1 Determinar las características fisicoquímicas (punto de humeo, punto de fritura, peróxidos y acidez) de los aceites a evaluar

Los valores resultantes se obtienen a partir de los dos aceites puros como testigos para confirmación de las siguientes mezclas de aceites, se describen a continuación:

- Muestra 1: 100% aceite de soya.
- Muestra 2: mezcla de aceites propuesta: 75% soya y 25% palma.
- Muestra 3: mezcla de aceites propuesta: 50% soya y 50% palma.
- Muestra 4: mezcla de aceites propuesta: 25% soya y 75% palma.
- Muestra 5: 100% aceite de palma.

Este estudio se centra en el análisis de diversos parámetros durante la fritura de plátano verde utilizando distintas mezclas de aceite vegetal como medio de cocción. El objetivo es comprender el impacto de diferentes condiciones de fritura en la calidad y economía, teniendo en cuenta la quema acelerada del aceite y el rendimiento del insumo en la producción.

A continuación, se especifican los resultados obtenidos por análisis bioquímico mediante pruebas de laboratorio a cada una de las muestras de aceites y mezclas de aceites anteriormente mencionadas.

2.1.1 Índice de acidez

El parámetro indica la neutralización de los ácidos grasos libres en los aceites, las 5 muestras se analizan por triplicado y se determina el índice de acidez aplicando la Ecuación 1, posteriormente, se calcula el promedio y la desviación estándar de los resultados obtenidos con el fin de identificar la variabilidad de los datos.

De acuerdo con la NTC 218, el límite máximo para los aceites refinados es 0,6 mg KOH/g, sin embargo, para aplicaciones industriales como la fritura, se recomienda que el índice de acidez sea lo más bajo posible para garantizar estabilidad y calidad del producto final

Tabla 5

Índice de acidez

Muestra	KOH (ml)			Promedio	IA (mg KOH/g)	Desviación
1	2	1,4	1,33	1,56666667	3,29	0,37859389
2	0,3	0,4	0,3	0,33333333	0,52	0,05773503
3	0,7	0,5	0,7	0,63333333	1,19	0,11547005
4	0,3	0,3	0,4	0,33333333	0,52	0,05773503
5	0,3	0,4	0,3	0,33333333	0,52	0,05773503

En concordancia con la NTC 218, los resultados del índice de acidez de las muestras 2, 4 y 5 se mantienen dentro del límite establecido, indicando su viabilidad para el uso de fritura continua porque son más resistentes a la oxidación. Se interpreta que, las muestras no presentan una desviación de datos significativa lo cual se evidencia en el análisis de varianza Anova. Adicionalmente, la A.O.A.C 990.05, coincide en que un índice de acidez bajo indica frescura y buena calidad del aceite, mientras que, cuando es elevado puede ser indicativo de deterioro en su calidad, es decir, el mejor índice de acidez para los procesos de fritura debe contener los valores más bajos, indicando una neutralización baja de los ácidos grasos.

Cuando se presenta un aumento en la acidez generada por los ácidos grasos libres el aceite es más susceptible a la oxidación debido a que son más reactivos frente al oxígeno presente en el ambiente, lo que produce la descomposición en compuestos responsables del deterioro de la calidad del aceite, haciéndolo inadecuado para el proceso de fritura. Adicionalmente, su relación con los ácidos grasos está directamente relacionada con la formación de compuestos polares, los cuales se consideran un indicador clave de calidad.

Por otra parte, respecto a la relación con las características organolépticas reflejadas en los chips de plátano, la presencia de un índice bajo de acidez evita la transferencia de sabores desagradables y tiende a disminuir la absorción de aceite en el producto final, característica que favorece la textura del alimento, generando productos menos grasosos y más crujientes. Teniendo en cuenta lo anterior, es fundamental monitorear la acidez en procesos industriales donde el aceite de fritura se reutiliza en periodos prolongados de producción.

Tabla 6

ANOVA índice de acidez

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
Intra grupos	3,75	28	0,133929		
Total (Corr.)	3,75	29			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual 0,00 es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 2 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

2.1.2 Índice de peróxidos

De acuerdo con Gordon (como se citó en Domínguez et al., 2019), el método químico más común para medir el deterioro oxidativo de los aceites comestibles es la valoración de peróxidos. Adicionalmente, en el análisis estadístico, se promedian los resultados obtenidos por triplicado para las 5 muestras evaluadas y se calcula la desviación estándar, en donde expone la dispersión de los datos, siendo mayor en la muestra 4 y menor en la muestra 2.

Tabla 7*Índice de peróxidos*

Muestra	$Na_2S_2O_3$ (ml)			Promedio	IP (meq O_2/kg)	Desviación
1	0,6	0,7	0,6	0.6333	12.67	0,05774
2	1	1	0,96	0.9866	19.73	0,02309
3	2	2,3	2,2	2.1666	43.33	0,15275
4	0,6	0,8	0,73	0,71	14.20	0,10149
5	0,4	0,5	0,5	0,4666	9.33	0,05774

Según la NTC 218 los índices más favorables para los peróxidos se ostentan en el límite máximo de $10_{meq O_2/kg}$, es decir, para este caso, es adecuada la muestra 5, correspondiente a la mezcla conformada 100% por aceite de palma, sin embargo, debido al proceso de fritura el valor aumenta progresivamente y para contrarrestar sus efectos se debe monitorear constantemente los compuestos secundarios producidos por la oxidación como son, fundamentalmente, los compuestos polares.

El índice de peróxidos es considerado un indicador clave de la oxidación, un proceso que afecta la calidad, estabilidad y seguridad del aceite durante la fritura, por ende, el uso de un aceite que no cumpla con los requisitos puede desencadenar en el oscurecimiento de la coloración del aceite y, adicional a ello, en la percepción de olores y sabores desagradables que se pueden transferir al producto final, generados por la descomposición en compuestos tóxicos. Cuando el índice de peróxidos es elevado indica un deterioro inicial del aceite, que puede afectar su estabilidad térmica, calidad y seguridad alimentaria. Para garantizar la calidad de los alimentos fritos y la seguridad del consumidor, es esencial monitorear y controlar este parámetro durante el proceso de fritura.

Tabla 8*ANOVA índice de peróxidos*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4,55449	3	1,51816	1,619	1,0000
Intra grupos	0,075	8	0,009375		

Total (Corr.)	4,62949	11
---------------	---------	----

La tabla ANOVA descompone la varianza de índice de peróxidos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 1,619, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de índice de peróxidos entre un nivel de palma y soya, con un nivel del 95,0% de confianza.

2.1.3 Punto de humo

A continuación, en la Tabla 9

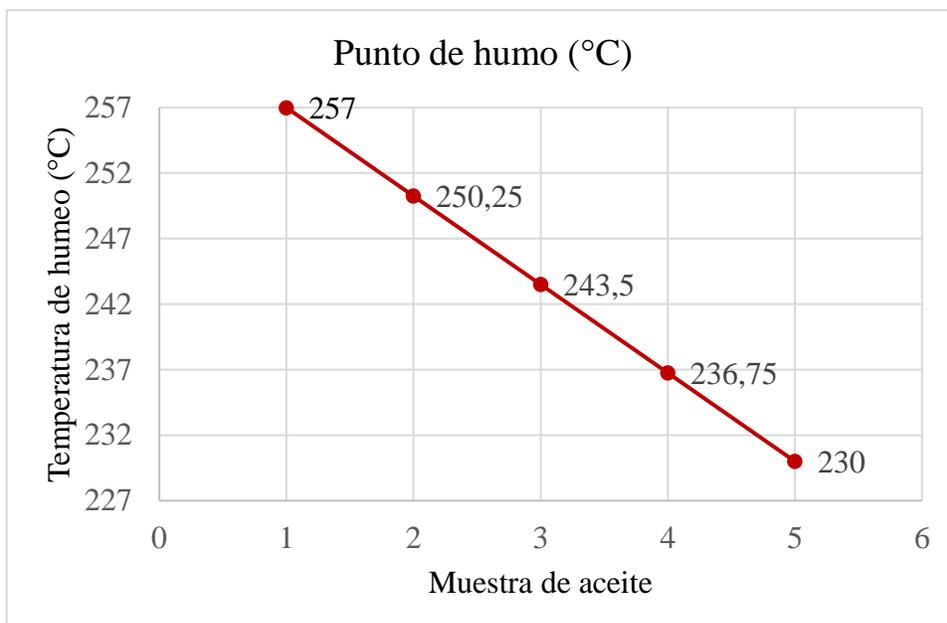
Punto de humo, se presentan los resultados obtenidos de la prueba para el análisis del punto de humo, el cual es verificado visualmente.

Tabla 9

Punto de humo

MUESTRA	TEMPERATURA
1	257 °C
2	250,25 °C
3	243,50 °C
4	236,75 °C
5	230 °C

En seguida, se presenta la Figura 4; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, en donde se evidencian con mayor claridad los resultados obtenidos acorde a la proporción de cada tipo de aceite que compone la mezcla, de igual manera, se obtienen resultados positivos para la investigación teniendo en cuenta que se propone acorde con el Codex Alimentarius (CAC/RCP 13-2003) un valor mínimo de 200°C y en todas las muestras es superior, por ende, todas las muestras de aceites son aceptables para el proceso productivo.

Figura 4*Punto de humo*

El punto de humo es la temperatura en la que un aceite inicia su descomposición visible, en donde produce humo compuesto por ácidos grasos libres y glicerol descompuesto, que se genera a partir de los triglicéridos que conforman la estructura química de los aceites. Es un indicador de calidad del aceite y es favorable cuando se presenta a mayor temperatura porque indica su resistencia a la actividad oxidativa generada en el proceso de fritura de los chips de plátano, en caso contrario favorece la formación de compuestos polares y otros compuestos tóxicos para la salud si se consumen excesivamente, estos también se pueden relacionar con la adquisición de color, olor y sabor desagradable tanto en el aceite como en los chips de plátano.

El punto de humo puede disminuir con el uso progresivo y reutilización del aceite, por ello, se recomienda el uso de aceites con mayor contenido de grasas saturadas debido a su estabilidad durante la exposición a altas temperaturas, la filtración de partículas o residuos alimenticios y la medición constante de compuestos tóxicos derivados del proceso productivo. El aumento de compuestos polares repercute en la disminución del punto de humo de los aceites, lo que puede provocar la aceleración en la descomposición del aceite durante la fritura. El uso de aceites

refinados ofrece mayor seguridad alimentaria porque la eliminación de impurezas favorece el punto de humo del mismo, haciéndolo más resistente.

2.1.4 Punto de fritura

En el proceso de fritura se utilizó una freidora que cuenta con capacidad de 27 litros de aceite para la fritura de 7 kilogramos de chips de plátano verde en la cual se mantiene a 177°C de temperatura constante como un parámetro estático debido a la metodología de producción en Pasabocas Cielito, por ende, no existe fluctuación en la misma, es inamovible y no es posible estimar de acuerdo al objetivo metodológico independientemente de la mezcla de aceites que se esté utilizando. Sin embargo, de acuerdo con Gupta (2017), se determina que está dentro del rango de 170°C a 185°C establecido para la fritura de alimentos como son los chips de plátano por su alto contenido de agua libre, para garantizar la evaporación rápida del agua y favorecer su textura crujiente evitando el exceso de absorción de aceite.

2.2 Establecer la mejor proporción de las mezclas de aceites propuestas en función de los parámetros de color, sabor, olor, cantidad de aceite absorbida, contenido de humedad y textura; en el producto final

2.2.1 Textura

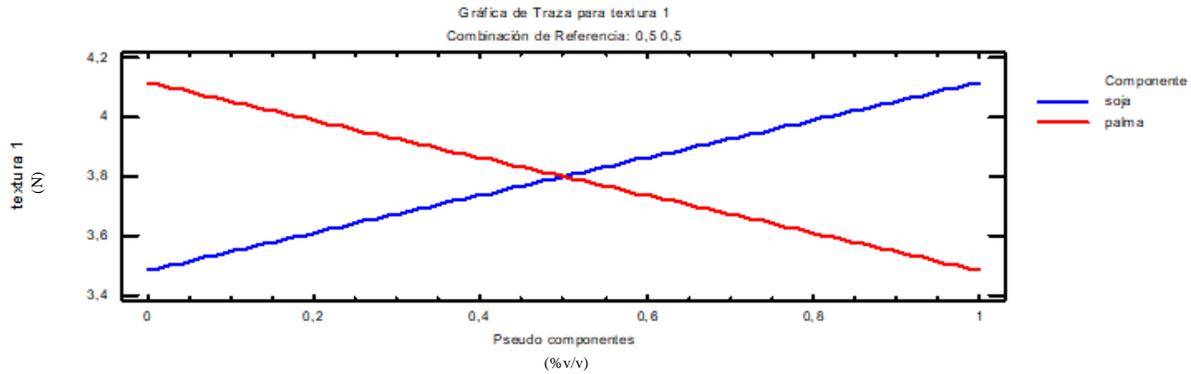
En las figuras de traza obtenidas mediante el diseño experimental desarrollado en el software Statgraphics, se puede visualizar la proporción de aceites sugerida tanto en la textura con tiempo de 2,8 minutos y la textura con tiempo de 3,2 minutos para la fritura de los chips de plátano. En ambos tiempos evaluados, las cantidades de aceites de cada una de las proporciones alcanza el 50% para ambas muestras.

La textura está directamente relacionada con la temperatura de fritura, la cual se especifica más atrás, teniendo en cuenta que no existe fluctuación debido a las características ofrecidas por la freidora que se utiliza, se determina que es favorable para el proceso productivo por la evaporación del agua y la cocción rápida del alimento.

Se recomienda la estandarización del corte uniforme de los chips de plátano para garantizar la cocción y textura consistente y pareja en el producto final

Figura 5

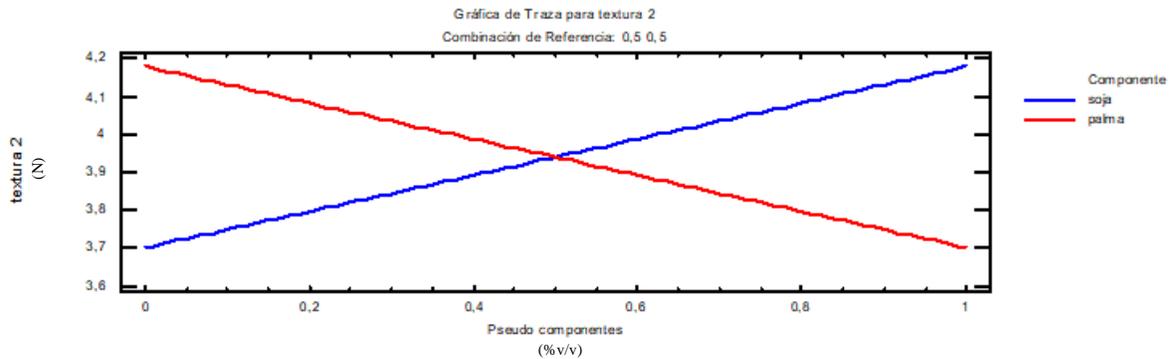
Diseño de mezclas para textura en fritura a 2,8 minutos



La textura o también llamada dureza indica la fuerza máxima en un tiempo determinado, la dureza de un alimento está relacionado con la crocancia y el contenido de humedad. En la industria de los chips de plátano la medida de textura debe tener valores altos porque repercute en la crocancia e influencia la aceptación sensorial por parte del consumidor (LEPE, como se citó en Mostacilla y Ordoñez, 2019).

Figura 6

Diseño de mezclas para textura en fritura a 3,2 minutos



Los chips de plátano analizados en ambos tiempos de fritura y proporciones de aceite no tuvieron diferencia significativa, sin embargo, se encontró que la fritura de éstos en la mezcla de

proporción 50/50, es la mejor combinación con un tiempo de fritura de 3,2 minutos debido a que reflejan mayor textura crocante y como se mencionó anteriormente, es uno de los factores esenciales en la industria de los snacks de este tipo (LEPE, como se citó en Mostacilla y Ordoñez, 2019). Las propiedades de la mezcla de aceites utilizados ofrecen una textura crujiente en los chips de plátano debido al control de temperatura y tiempo de fritura. Si el control es inadecuado puede producir exceso de grasa y afectaciones a la textura, que invaliden su aceptabilidad sensorial.

Adicionalmente, los resultados del software ofrecen un análisis de varianza para el modelo cuadrático actualmente seleccionado. Dado que el valor-P para este modelo es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre textura y los componentes, con un nivel de confianza del 95,0%.

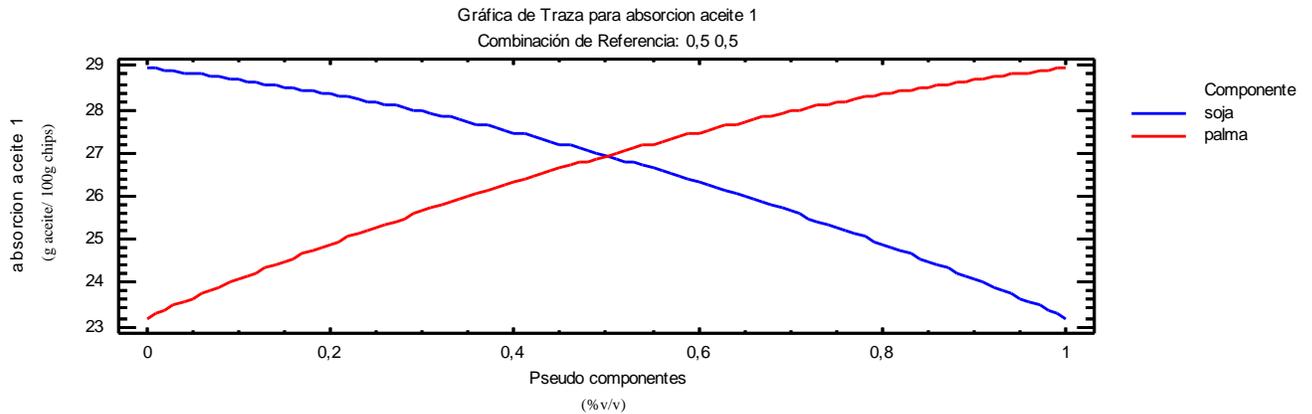
2.2.2 *Aceite absorbido*

En la industria de los chips de plátano, la absorción de aceite es un factor crítico que afecta las características sensoriales y la calidad del producto según la percepción de sus consumidores. La tendencia es minimizar la absorción de aceite con el objetivo de conseguir un producto más saludable en términos de contenido graso, sin comprometer la textura crujiente y la calidad general del chip. Además, respecto a los factores de producción también es conveniente mantener bajos niveles de absorción.

Acorde a Lucas et al., (como se citó en Arriola-Guevara, 2020), teniendo en cuenta que el valor de grasa obtenida corresponde al % Grasa en el 100% de la materia seca, los alimentos que se consumen en fresco en este caso los chips de plátano son los valores que deben ser expresados en un peso fresco realizando la corrección correspondiente en el % de humedad.

Figura 7

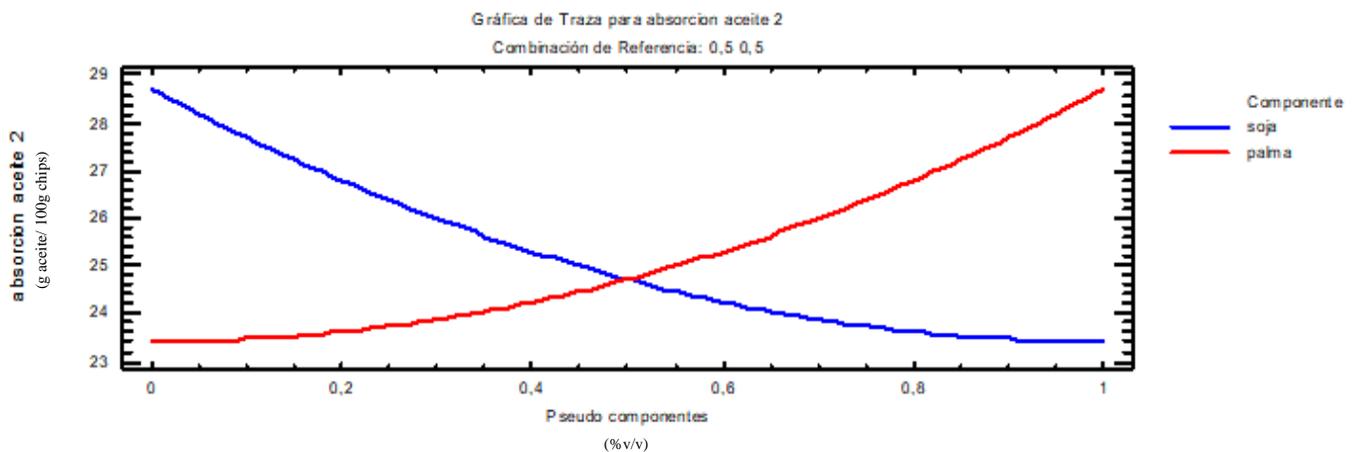
Absorción de aceite en fritura de 2.8 minutos



En los gráficos de trazas para aceite absorbido a medida que la mezcla se compone de mayor cantidad de algún aceite, es decir, cuando superan la correlación 50/50, los chips de plátano aumentan la absorción de aceite de forma proporcional, por lo tanto, se recomienda mantener dicha proporción debido a que el exceso de absorción de aceite en los chips de plátano, le genera mayor humedad al producto afectando sus propiedades organolépticas.

Figura 8

Absorción de aceite en fritura de 3,2 minutos



Respecto al tiempo de fritura, se evidencia que, a mayor tiempo tiene una relación inversamente proporcional con la absorción de aceite, dado que en la muestra de fritura realizada durante 3,2

minutos dicha propiedad disminuye en comparación con la muestra de fritura realizada durante 2,8 minutos, garantizando mayor calidad en el producto final, por lo tanto es recomendable el uso de una proporción 50% aceite de soya y 50% aceite de palma para la fritura por inmersión de los chips de plátano durante 3,2 minutos.

De acuerdo con Bedbabis et al., (como se citó en Oueslati et al., 2023) las frituras realizadas a altas temperaturas pueden reducir la absorción de aceite, ya que se forma una capa crujiente rápidamente en la superficie, evitando que el aceite penetre excesivamente en el chip, de esta manera, se entiende que, la humedad necesaria ha quedado encapsulada sin atrapar mayor cantidad de aceite.

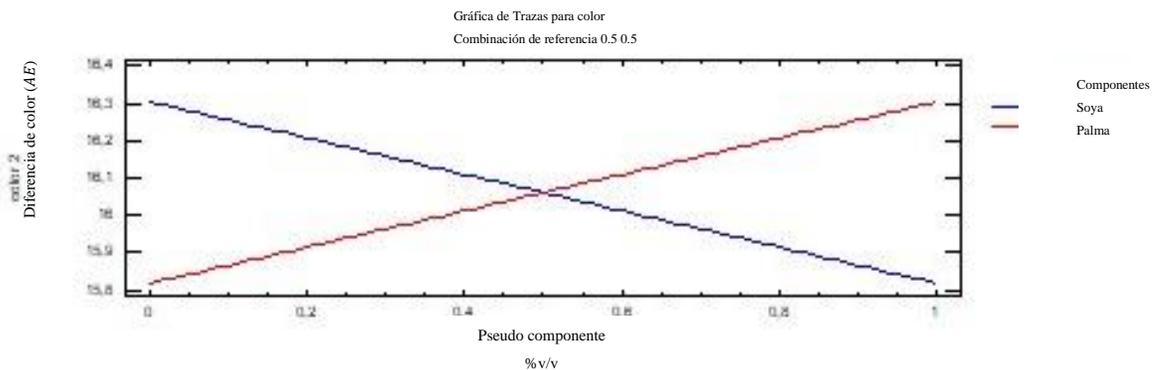
2.2.3 Color

Esta tabla muestra un análisis de varianza para el modelo lineal actualmente seleccionado. Dado que el valor-P para este modelo es mayor o igual que 0,05, no hay una relación estadísticamente significativa entre color y los componentes, con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrado indica que el modelo, así ajustado, explica 12,9% de la variabilidad en color 1. El estadístico R-cuadrado ajustado, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 2,0%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,338291.

Figura 9

Color en fritura de 2,8 minutos

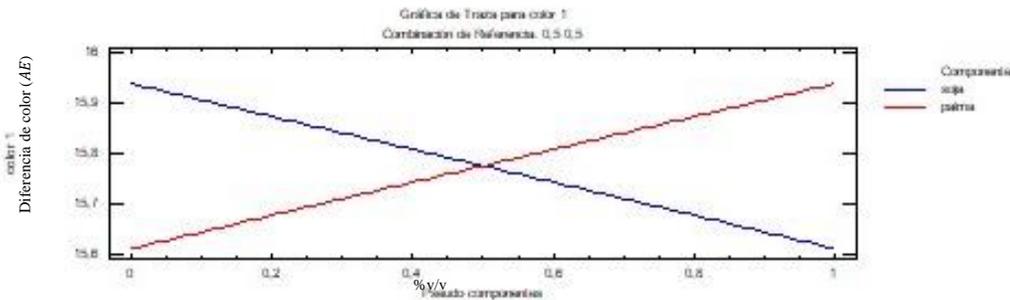


Indica un análisis de varianza para el modelo lineal actualmente seleccionado. Dado que el valor-P para este modelo es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre color y los componentes, con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrado indica que el modelo, así ajustado, explica 64,1% de la variabilidad en color 2. El estadístico R-cuadrado ajustado, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 59,6%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,144226.

Figura 10

Color en fritura de 3,2 minutos



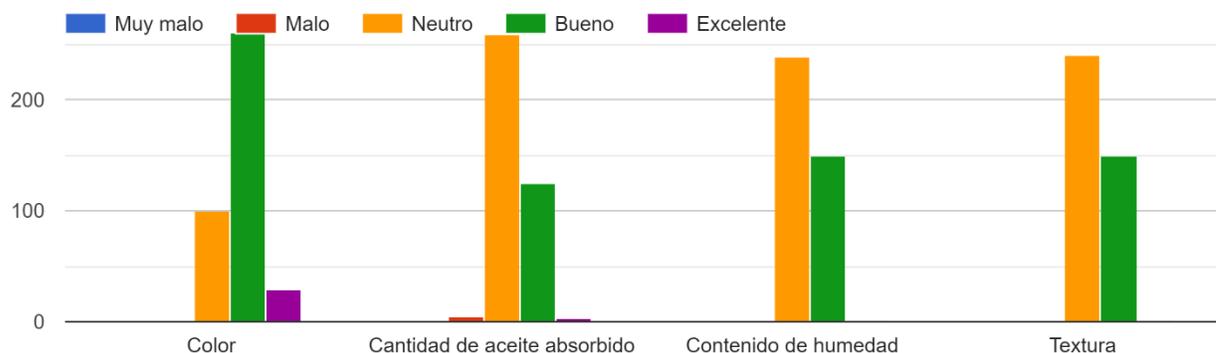
2.3 Evaluar las características y propiedades fisicoquímicas del producto final y el rendimiento del aceite

Mediante el panel de encuestas realizado a 385 personas, se determina que la Muestra 2 correspondiente a la mezcla compuesta por 75% aceite de soja y 25% aceite de palma ofrece mayor complacencia y agrado a la población, teniendo en cuenta la calificación sobre los parámetros de color, cantidad de aceite absorbido, contenido de humedad y textura.

En seguida se visualizan los resultados de la muestra 1, la cual corresponde a los chips de plátanos freídos en una mezcla de aceites compuesta por 50% aceite de soja y 50% aceite de palma:

Figura 11

Resultados muestra 1

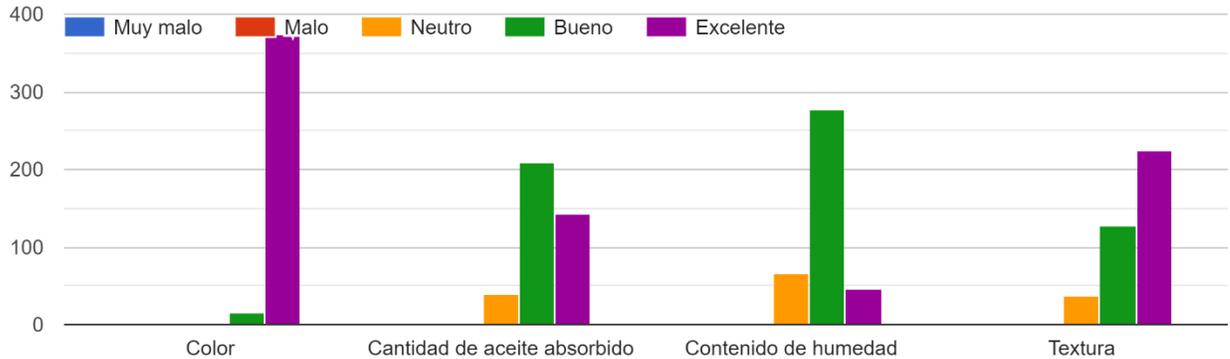


Los parámetros se encuentran principalmente concentrados en una satisfacción neutra y continúa con una calificación buena, resultados que indican que la muestra ofrecida en el proceso de encuesta no es una mala opción, sin embargo, no es la mejor.

A continuación, se encuentran los resultados de la muestra 2, correspondientes a los chips de plátano preparados en una mezcla de aceites compuesta por el 75% aceite de soya y 25% aceite de palma, en donde los parámetros evaluados son relevantes en calificación ‘buena’ y ‘excelente’, indicando que, según la percepción sensorial del muestreo aleatorio simple, se presenta una mejor valoración para los parámetros de color, cantidad de aceite absorbida, contenido de humedad y textura:

Figura 12

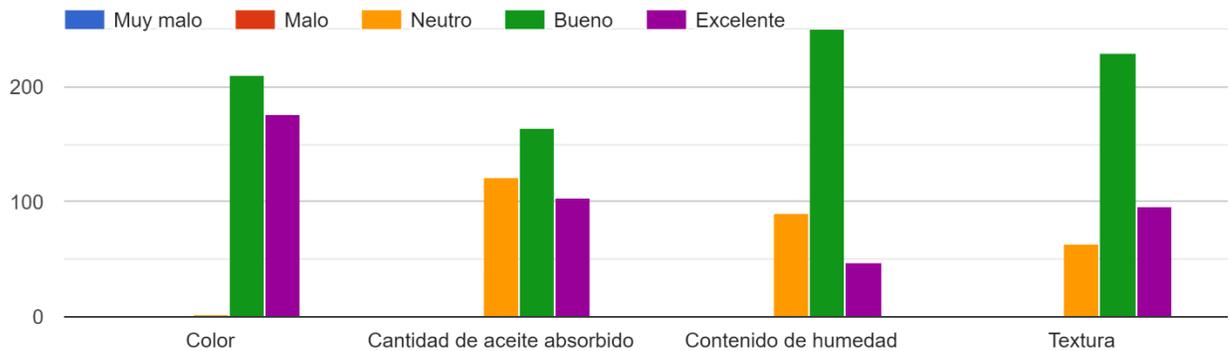
Resultados muestra 2



Finalmente, la valoración se realiza a la muestra 3, correspondiente a la muestra testigo, el producto actualmente ofrecido por la empresa Pasabocas Cielito y sus resultados se encuentran calificados como ‘neutro’, ‘bueno’ y ‘excelente’. Los resultados indican una aceptación óptima por los consumidores.

Figura 13

Resultados muestra 3



Por ende, se puede determinar que si bien, el producto ofertado por la empresa en la actualidad tiene buenas características evaluadas sensorialmente, es adecuado para el consumo y altamente aceptado; puede acercarse a mejorías relevantes especialmente sobre los parámetros de

color y textura, puesto que la valoración en dichos criterios es superior en la muestra 2 con respecto a la muestra del producto testigo.

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir del panel sensorial y Etikan et al., (2016) el muestreo aleatorio simple es una técnica de muestreo probabilístico en la que cada elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser seleccionado y por ello, demuestra la representatividad de la población objetivo.

Por otra parte, respecto al rendimiento del aceite, se evalúa de acuerdo con criterios de calidad en referencia a los compuestos polares, en donde se encuentran los resultados sobre dos mezclas de aceites en las siguientes Tabla 10 y Tabla 11 y se comparan con la referencia de la Tabla 3.

En la mezcla conformada por 75% aceite de soya y 25% aceite de palma se evidencia que inicialmente corresponde a un 6% de compuestos polares presentes, es decir, es un aceite clasificado como poco usado, consecuentemente, mientras aumentan la cantidad de frituras, también incrementa la presencia de dichos compuestos, sin embargo, se evalúan muestras del aceite hasta después de alcanzar las 10 frituras y el valor ha aumentado hasta 11,5% pero es un valor que sigue estando dentro del rango óptimo, es decir, de acuerdo a éste parámetro no afectaría la calidad de los chips de plátano ni las cualidades sensoriales que son significativas e indispensables en el producto.

Tabla 10

Resultados muestra 75/25

Muestra	% de compuestos polares
Nueva	6,0
Posterior a 2 frituras	8,0
Posterior a 4 frituras	8,5
Posterior a 6 frituras	9,5
Posterior a 8 frituras	10,0
Posterior a 10 frituras	11,5

Por su parte, la mezcla conformada por 50% aceite de soya y 50% aceite de palma se evidencia 7,5% de compuestos polares y de igual manera, se evalúan las muestras cada que se realizan 2 frituras hasta alcanzar la totalidad de 10 frituras, en donde alcanza como punto máximo 10,5% de compuestos polares, ambos valores se encuentran en la clasificación de aceite poco usado que se visualiza en los rangos indicados en la Tabla 3, es decir, el aceite continúa siendo óptimo para el proceso de fritura y no afecta las propiedades organolépticas del producto final.

Tabla 11

Resultados muestra 50/50

Muestra	% de compuestos polares
Nueva	7,5
Posterior a 2 frituras	8,5
Posterior a 4 frituras	9,0
Posterior a 6 frituras	9,5
Posterior a 8 frituras	10,0
Posterior a 10 frituras	10,5

Cabe resaltar que, en el proceso de fritura llevado a cabo con las mezclas de aceite evaluadas, luego del primer lote de fritura se añade aproximadamente 10% de la totalidad del aceite, hasta completar nuevamente los 27 litros requeridos para la fritura de 7 kilogramos de chips de plátano debido a que por efectos de temperatura se genera la absorción de los chips de plátano y la evaporación al ambiente. Teniendo en cuenta lo anterior, se da a entender que en ningún ciclo de fritura se presentará el deterioro significativo de las mezclas de aceites propuestas, dado que se encuentran dentro del rango adecuado y con alta tolerancia de alcanzar el límite correspondiente al 24% de presencia de compuestos polares, que es en donde se debería desechar el aceite y renovarlo, de ser necesario según lo especifica Cientisol, (2024).

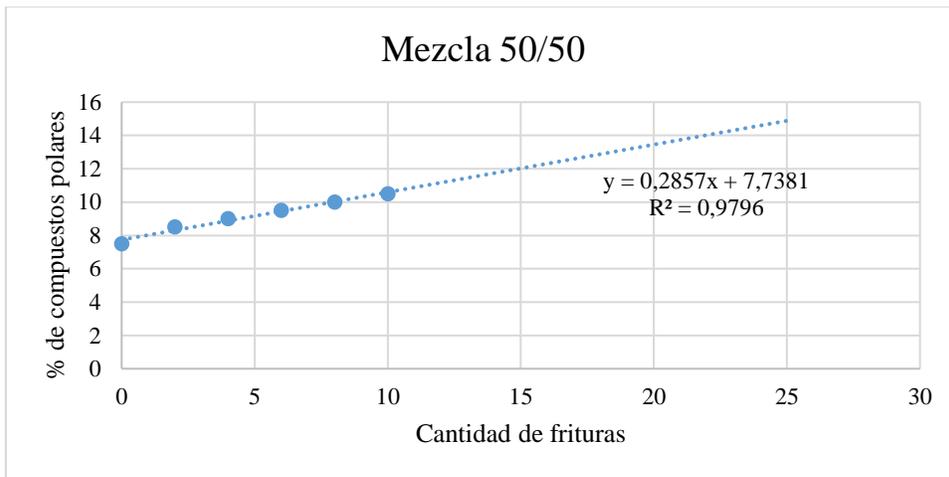
Realizando una comparación entre los efectos de degradación causados posterior a las 10 frituras realizadas en cada una de las dos mezclas de aceites, se determina que, la muestra conformada por 50% aceite de soya y 50% aceite de palma es más resistente durante los ciclos de fritura evaluados, lo que permite inferir que el aceite de palma contribuye a obtener una mayor estabilidad térmica,

hipótesis que se confirma de acuerdo con Martín-Torres et al. (2023), quienes afirman que, el aceite de soya tiene mayor resistencia durante sus primeros ciclos de fritura, sin embargo, luego de repetidos procesos térmicos pueden adquirir una mayor acumulación de compuestos polares, a diferencia del aceite palma que, debido a la composición mayor de los componentes saturados y carotenoides presentes en el aceite hacen que la mezcla 50/50 sea más resistente a la fritura continua, como es el caso a nivel industrial. Adicionalmente, el buen comportamiento evidenciado se puede justificar porque el punto de fritura se mantiene constante a 177°C, dentro del rango que permite prolongar la vida útil de los aceites utilizados en la fritura de los chips de plátano verde.

Adicionalmente, se realiza la proyección de la formación de compuestos polares para identificar cuál mezcla de aceites resiste mayor cantidad de frituras. En ese orden de ideas, para la mezcla compuesta por 50% aceite de soya y 50% aceite palma se identifica luego de realizar 57 frituras alcanza el 24,02% de formación de compuestos polares, siendo el límite correspondiente para realizar el cambio de la totalidad del aceite para garantizar la calidad del producto final.

Figura 14

Compuestos polares en la mezcla 50/50

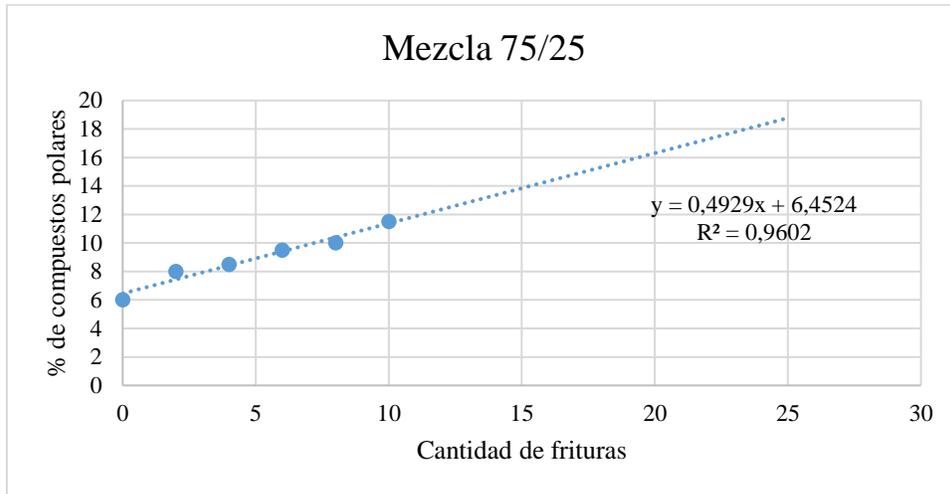


Sobre la mezcla conformada por 75% aceite de soya y 25% aceite de palma, se identifica que tiene una tendencia más acelerada hacia la degradación de la calidad del aceite debido a la formación de compuestos polares, puesto que se pueden realizar máximo 35 frituras, siendo el

punto donde alcanza la formación del 23,70% de éstos, es decir, de ahí en adelante es un aceite inadecuado para cumplir con los estándares de calidad exigidos en el proceso de fritura.

Figura 15

Compuestos polares en la mezcla 75/25



En la comparación de ambas mezclas, se identifica que la mezcla conformada por un 50% correspondiente al aceite de soya y un 50% correspondiente al aceite de palma, tiene un mayor rendimiento porque tiene durabilidad de 22 frituras adicionales, lo que favorece la disminución aproximada del 35% del costo del aceite a diferencia de la mezcla conformada por 75% aceite de soya y 25% aceite de palma.

3 Conclusiones

Sobre la caracterización fisicoquímica de las mezclas de aceite preliminares, se puede concluir que tres de las proporciones evaluadas (75% soya y 25% palma, 25% soya y 75% palma y, 100% palma) en su índice de acidez obtuvieron un valor de 0,52 KOH/g lo que indica que la neutralización de los ácidos grasos es baja, las demás muestras presentaron valores superiores a 0,6 KOH/g. Respecto al índice de peróxidos ofrece mayor calidad, la muestra conformada 100% por aceite de palma presenta 9,33 meq O_2/kg porque es la única dentro del límite establecido por la NTC 218 que son 10 meq O_2/kg y su interacción con el oxígeno ambiental es menor, reduciendo la actividad oxidativa. En el punto de humo, refiere que todas las muestras están dentro de los valores exigidos, sin embargo, la muestra que ofrece mayor calidad es la muestra compuesta 100% por aceite de soya.

De acuerdo con los resultados de los análisis fisicoquímicos, se determina que las dos mejores mezclas (compuestas por 75% soya y 25% palma y 50% soya y 50% palma), con las cuales se realizan pruebas de fritura para análisis organoléptico.

En la caracterización organoléptica de los chips de plátano, la textura, la absorción de aceite, el contenido de humedad y el color es mejor en la fritura realizada en la mezcla 50% soya y 50% palma durante 3,2 minutos.

Referente al análisis económico y a la resistencia a la formación de compuestos polares se concluye que es adecuado utilizar la mezcla de aceites 50% aceite de soya y 50% aceite de palma, debido a su duración de 57 frituras hasta alcanzar el límite del 24% de formación de compuestos polares, lo que favorece la disminución de costos en comparación con la mezcla conformada por 75% aceite de soya y 25% aceite palma.

Respecto al panel sensorial, se determina que la mezcla conformada por 75% aceite de soya y 25% aceite de palma ofrece mayor complacencia en las encuestas realizadas.

4 Recomendaciones

Es recomendable realizar la medición de los parámetros tanto fisicoquímicos como organolépticos cuando las muestras son recientemente procesadas para que sus características no presenten ninguna variación significativa debido a la exposición a condiciones ambientales.

Se recomienda realizar el diseño de mezclas con antelación utilizando su metodología basada en el ciclo PHVA como lo mencionan Gonzáles y Buitrón (2023), considerando la eficiencia que ofrece porque evalúa las mezclas que se proponen mediante un software con mayor seguridad, en lugar de las mezclas propuestas por ensayo y error.

Se recomienda minimizar la hidrólisis de los chips de plátano para disminuir la alteración del índice de acidez del aceite porque acelera la oxidación del aceite y afecta directamente la formación de compuestos tóxicos.

Se recomienda priorizar la medición de los compuestos polares totales como factor primordial para identificar la calidad del aceite de fritura.

En futuras investigaciones se recomienda evaluar el efecto de los antioxidantes sintéticos en los aceites utilizados para el proceso de fritura a escala industrial.

Referencias bibliográficas

Álvarez-Sánchez, D., Hurtado-Benavides, A., Chaves-Morillo, D., & Andrade-Díaz, D. (2018). Actividad biocida del aceite esencial de *Lippia origanoides* H.B.K. (Verbenaceae) sobre *Rhizoctonia solani*: in vitro. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(3), 668–676. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i3.7801>

Arriola-Guevara, E., Gudiño-García, D. M., Prado-Ramírez, R., Mondragón-Cortez, P. M., Corona-González, R. I., & Guatemala-Morales, G. M. (2020). Estudio de los parámetros de freído sobre las propiedades fisicoquímicas de una botana hecha de harinas de maíz, chicharo y salvado de avena. *Brazilian journal of food technology*, 23, e2018297. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.29718>

Bermúdez, A. A., Romero Barragan, P., & Arrazola Paternina, G. (2016). Pérdida de humedad y absorción de aceite durante fritura de tajadas de plátano (*Musa paradisiaca* L.). *Biotechnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 119. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(14\)119-124](https://doi.org/10.18684/bsaa(14)119-124)

Bernal Bernal, G.H., & Chávez Rodríguez, L. (2023). Conocimientos, actitudes y práctica sobre el riesgo del consumo de grasas trans de estudiantes de la Universidad María Auxiliadora

Brenes-Gamboa, S. (2017). Parámetros de producción y calidad de los cultivares de banano FHIA-17, FHIA-25 y Yangambi. *Agronomía Mesoamericana*, 719-733. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v28n3/43752453015>

Cientisol, (2024). Medición de la calidad y temperatura del aceite

Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2019). A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants* (Basel, Switzerland), 8(10), 429. <https://doi.org/10.3390/antiox8100429>

Echeverri R, M. L., Luz Amalia Jaramillo Z, L. A., & Quiroz C, J. (2014). Acrilamida: Formación y mitigación en procesamiento industrial de alimentos

Gómez Ramírez, B. D., Martínez Galán, J. P., & Cardona Zuleta, L. M. (2014). Composición de ácidos grasos en algunos alimentos fritos y aceites de fritura y factores relacionados, en un sector universitario de Medellín-Colombia. *Perspectivas En Nutrición Humana*, 16(2). <https://doi.org/10.17533/udea.penh.v16n2a04>

González Canal, Iñigo, González, J. A., & |. (2019). Aceite de cocina, otra amenaza para los acuíferos. *Observatorio Ambiental de Bogotá*

Gupta, M. K. (2017). *Practical guide to vegetable oil processing* (2nd ed.). Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/book/9781630670504/practical-guide-to-vegetable-oil-processing>

Kalogianni, E. P., Georgiou, D., Romaidi, M., Exarhopoulos, S., Petridis, D., Karastogiannidou, C., Dimitreli, G., & Karakosta, P. (2017). Rapid Methods for Frying Oil Quality Determination: Evaluation with Respect to Legislation Criteria. *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(1), 19–36. <https://doi.org/10.1007/s11746-016-2919-1>

Keogh-Brown, M. R., Jensen, H. T., Basu, S., Aekplakorn, W., Cuevas, S., Dangour, A. D., Gheewala, S. H., Green, R., Joy, E. J. M., Rojroongwasinkul, N., Thaiprasert, N., Shankar, B., & Smith, R. D. (2019). Evidence on the magnitude of the economic, health and population effects of palm cooking oil consumption: An integrated modelling approach with Thailand as a case study. *Population Health Metrics*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12963-019-0191-y>

Lafont, J. J., Durango, L. C., & Aramendiz, H. (2014). Estudio químico del aceite obtenido a partir de siete variedades de soya (*Glycinemax* L.). *Informacion Tecnologica*, 25(2), 79–86. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000200009>

Martín-Torres, S., González-Casado, A., Medina-García, M., Medina-Vázquez, M. S., & Cuadros-Rodríguez, L. (2023). A comparison of the stability of refined edible vegetable oils under frying conditions: Multivariate fingerprinting approach. *Foods*, 12(3), 604. <https://doi.org/10.3390/foods12030604>

Martínez Cardozo, C., Cayón Salinas, G., & Ligarreto Moreno, G. (2016). Composición química y distribución de materia seca del fruto en genotipos de plátano y banano.

Mena Robles, R. E., & Pascual Barrera, A. (2022). Estudio del uso de aceites vegetales usados de cocina en negocios del mercado de Bazurto en Cartagena de Indias. *Aglala*, 13(1), 113–124. <https://revistas.uninunez.edu.co/index.php/aglala/article/view/2084>

Montes O, N., Militar M, I., Provoste L, R., Martinez M, N., Fernández Z, D., Morales I, G., & Valenzuela B, R. (2015). Determinación de Coeficientes de Transferencia de Materia para los Procesos de Escaldado e Hidroenfriamiento de Vegetales

Moya-Salazar, M. M., & Moya-Salazar, J. (2020). Biodegradation of waste used cooking oil by lipolytic fungi: An in vitro study. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(2), 351–359. <https://doi.org/10.20937/RICA.53054>

Ochoa Vega, M. J. (2024). Propuesta de una línea de producción de harina de banano orgánico a partir del descarte en una asociación agroexportadora. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/7531>

Osorio, R y David, A. (2017). Propuesta de mejora del proceso de producción para la elaboración de patacón pre frito con plátano verde de la empresa Procol s.a.s. Fundación Universidad De América. <http://hdl.handle.net/20.500.11839/6030>

Oueslati, A., Dabbou, S., Methneni, N., Montevecchi, G., Nava, V., Rando, R., Bartolomeo, G., Antonelli, A., Di Bella, G. & Ben Mansour, H. (2023). Pomological and Olive Oil Quality Characteristics Evaluation under Short Time Irrigation of Olive Trees cv. Chemlali with Untreated Industrial Poultry Wastewater. *Sustainability*. 10.3390/su15054198

- Özdilicierler, O., YÜksek, N., & YEMİŞÇİOĞLU, F. (2021). Occurrence of 3-MCPD and glycidyl esters during potato chip production: effect of oil type, frying count and chlorine based textural enhancer usage
- Pawlicki, L. T., Rostocki, A. J., Tefelski, D. B., Siegoczyński, R. M., & Ptasznik, S. (2022). Mechanical properties of sunflower oil under pressure. *European Food Research and Technology*, 248(1), 283–287. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03880-1>
- Paz Ojeda, N. A. (2018). Nivel de conocimiento de efectos nocivos por aceites recalentados y hábitos alimentarios de frituras en alumnos del III y IV ciclo de la facultad de ciencias farmacéuticas y bioquímica de la UIGV. <https://hdl.handle.net/20.500.11818/2987>
- Segundo Loza, R., & Cortez Quisbert, V. (2020). Determinación de la rancidez en aceites usados en el proceso de frituras en establecimientos de expendio de comida rápida
- Testo, S. Co., & KGaA. (2015). Cartilla práctica Medición del aceite de fritura
- Thuto, W., & Banjong, K. (2019). Investigation of heat and moisture transport in bananas during microwave heating process. *Processes*, 7(8), 1–24. <https://doi.org/10.3390/pr7080545>
- Tirado, Diego F, Acevedo, Diofanor, & Montero, Piedad M. (2015). Transferencia de Calor y Materia durante el Proceso de Freído de Alimentos: Tilapia (*Oreochromis niloticus*) y Fruta de Pan (*Artocarpus communis*). *Información tecnológica*, 26(1), 85-94. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642015000100010>
- Udomkun, P., Innawong, B., & Sopa, W. (2019). ¿Can the Image Processing Technique Be Potentially Used to Evaluate Quality of Frying Oil? *Journal of Food Quality*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/6580320>

Yamsaengsung, R., & Saibandith, B. (2020). Introduction to biosystems engineering. Deep Fat Frying of Food.

Anexo A. Formato de encuesta del panel sensorial

Caracterización de chips de plátano verde

Saludos, somos estudiantes de la Universidad Mariana, pertenecemos al programa Ingeniería de Procesos, estamos realizando un estudio de mercado para conocer la opinión sobre diversas muestras de chips de plátano verde, teniendo en cuenta que se varía el tiempo de fritura y la proporción de la mezcla de aceites en que se prepara el snack.

Amable y respetuosamente le solicitamos algunos minutos de su tiempo, su respuesta es muy importante para nosotros, de antemano le agradecemos tratar de ser lo más claro posible en sus respuestas con el objetivo de conocer su opinión.

Los chips de plátano verde son uno de los productos más consumidos a partir de esta materia prima y la formulación de la mezcla de aceites y el tiempo en que se preparan, afecta el rendimiento del proceso de fritura de plátano, las características fisicoquímicas y organolépticas del producto final; el objetivo es evaluar dichas propiedades de cada una de las muestras.

Perfil del consumidor: En esta sección, nos gustaría conocer acerca de tu perfil personal bajo el cumplimiento de la *Ley 1581 de 2012*, la cual establece las disposiciones generales para la protección de datos personales en Colombia, con neto fin estadístico.

Autorizo tratamiento de datos y la información declarada con fines académicos he investigativo

si

no

¿Conoce o consume chips de plátano verde producidos por la empresa local Pasabocas Cielito?

Sí

No

Indica tu género *

Mujer

Hombre

Otra...

Marque el rango en que se encuentra su edad



Varias opciones

Entre 4 y 11 años

×

Entre 12 y 19 años

×

Entre 20 y 32 años

×

Entre 33 y 44 años

×

Valoración de características fisicoquímicas y organolépticas de las muestras de chips de plátano verde: A continuación, se encontrará con la degustación de distintas muestras de chips de plátano, de las cuales, agradecemos contar con su opinión respecto a diversos parámetros cualitativos.

Califica los siguientes parámetros de la Muestra 1 de chips de plátano verde *

	Muy malo	Malo	Neutro	Bueno	Excelente
Color	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cantidad de ac...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Contenido de h...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Textura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

...

Califica los siguientes parámetros de la Muestra 2 de chips de plátano verde *

	Muy malo	Malo	Neutro	Bueno	Excelente
Color	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cantidad de ac...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Contenido de h...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Textura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Califica los siguientes parámetros de la Muestra 3 de chips de plátano verde *

	Muy malo	Malo	Neutro	Bueno	Excelente
Color	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cantidad de ac...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Contenido de h...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Textura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Observaciones *

Texto de respuesta larga

Muchas gracias por tu disposición y opinión.