

Formulación y optimización y de una mezcla para untar a base de mango (*Mangifera indica*)  
y semillas de quinua (*Chenopodium quinoa*) tipo artesanal

Laura Franco Mejía

Francisco Leonardo Rodas



Universidad Tecnológica de Pereira

Facultad de Ciencias Agrarias y Agroindustria

Especialización en Procesos Industriales Agroalimentarios

Pereira – Colombia

2019

Formulación y optimización y de una mezcla para untar a base de mango (*Mangifera indica*)  
y semillas de quinua (*Chenopodium quinoa*) tipo artesanal

Laura Franco Mejía

Francisco Leonardo Rodas

Trabajo de grado para optar por el título de  
ESPECIALISTA (S) EN PROCESOS INDUSTRIALES AGROALIMENTARIOS

Director(a)

Olga Lucia Torres Vargas

Ing. Química PhD. Tecnología de Alimentos

Universidad Tecnológica de Pereira

Facultad de Ciencias Agrarias y Agroindustria

Especialización en Procesos Industriales Agroalimentarios

Pereira

2019

**Nota de aceptación:**

**Aprobado por el Comité de Grado en  
cumplimiento de los requisitos exigidos por la  
Universidad Tecnológica de Pereira para optar al  
título de ESPECIALISTA (S) EN PROCESOS  
INDUSTRIALES AGROALIMENTARIOS**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Pereira, 4 de junio de 2019**

## **Dedicatoria**

Dedicamos este trabajo de titulación a nuestras madres, que con mucho amor y respaldo nos han ayudado y apoyado incondicional en todo momento. También a nuestra directora de trabajo de grado, que hizo posible obtener los instrumentos necesarios para elaborar con éxito esta investigación.

## Tabla de contenido

Resumen.....	1
Abstract.....	1
Introducción.....	2
1 Planteamiento del problema.....	3
2 Justificación.....	5
3 Objetivos.....	6
3.1 Objetivo general.....	6
3.2 Objetivos específicos.....	6
4 Marco teórico.....	7
4.1 Mango ( <i>Mangifera indica</i> ).....	7
4.1.1 Tommy Atkins.....	7
4.2 Semillas.....	8
4.2.1 Semillas de quinoa ( <i>Chenopodium quinoa Willd</i> ).....	8
4.3 Aditivos para la formulación de alimentos bajos en azúcar.....	11
4.3.1 Edulcorantes.....	11
4.3.1.1 Estevia.....	12
4.4 Espesantes y gelificantes.....	12
4.4.1 Pectina.....	13
4.5 Acidificante.....	13
4.6 Mezclas para untar.....	14
4.7 Metodología de superficie de respuesta (MSR).....	14
4.7.1. Aplicaciones de la metodología de superficie de respuesta (MSR).....	15

5	Metodología.....	15
5.1	Materias primas.....	16
5.2	Diseño experimental.....	16
5.3	Elaboración de la mezcla para untar.....	18
5.4	Análisis fisicoquímicos.....	20
5.4.1	Potencial de hidrogeno (pH).....	20
5.4.2	Determinación del contenido en sólidos solubles (°Brix).....	20
5.4.3	Determinación de actividad de agua (aw).....	21
5.4.4	Determinación de acidez titulable (%).....	21
5.4.5	Contenido de humedad (%).....	22
5.4.6	Determinación del contenido en proteínas.....	22
5.5	Análisis de reología.....	23
5.6	Análisis de color.....	24
5.7	Análisis microbiológico.....	25
5.8	Análisis estadístico.....	26
5.9	Análisis sensorial.....	26
6	Resultados y discusiones.....	27
6.1	Optimización del diseño experimental .....	27
6.2	Análisis fisicoquímicos.....	30
6.2.1	Potencial de hidrogeno (pH).....	31
6.2.2	Sólidos solubles (°Brix).....	32
6.2.3	Actividad de agua (aw).....	32
6.2.4	Acidez titulable (%).....	33

6.2.5 Humedad (%).....	33
6.3 Reología.....	34
6.4 Color.....	36
6.5 Análisis microbiológico.....	38
6.6 Análisis sensorial.....	39
7 Conclusiones.....	42
8 Recomendaciones.....	43
Referencias.....	44
Anexos.....	55

### **Lista de tablas**

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica del mango fresco.....	8
Tabla 2. Caracterización química de la pulpa de mango.....	9
Tabla 3. Caracterización nutricional de la quinua.....	11
Tabla 4. Porcentajes de mango, semillas de quinua y pectina utilizados en la formulación de la mezcla untable.....	17
Tabla 5. Combinación de factores arrojados por el diseño experimental con su respectivo porcentaje de proteína.....	28
Tabla 6. Composición de la mezcla optima obtenida mediante diseño de superficie de respuesta.....	30
Tabla 7. Resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a las mezclas para untar...	31

Tabla 8. Parámetros de color escala CIEL* a* b* para las mezclas para untar formuladas.....	37
Tabla 9. Resultados análisis microbiológicos.....	38

### **Lista de figuras**

Figura 1. Productos empresa D'Lala Candies.....	5
Figura 2. Mango Tommy Ankis.....	8
Figura 3. Semillas de quinua.....	10
Figura 4. Diagrama de flujo para la elaboración de mezcla para untar tipo artesanal.....	18
Figura 5. Muestras de panel sensorial.....	27
Figura 6. Superficie de respuesta de la proteína frente: a) factor % mango. b) factor % semillas de quinua. c) % pectina.....	29
Figura 7. Módulo de almacenamiento G' para mezclas formuladas con mango, semillas de quinua y pectina.....	34
Figura 8. Módulo de almacenamiento G'' para mezclas formuladas con mango, semillas de quinua y pectina.....	35
Figura 9. Viscosidad compleja logarítmica (Pa*s) frente al logaritmo de la velocidad de cizallamiento (1/s).....	36
Figura 10. Apariencia de la mezcla para untar.....	39
Figura 11. Color de la mezcla para untar.....	40
Figura 12. Olor de la mezcla para untar.....	40
Figura 13. Sabor de la mezcla para untar.....	41



Figura 14. Textura de la mezcla para untar..... 41

## Resumen

El objetivo de esta investigación fue la optimización de una mezcla para untar a base de mango y semillas de quinua tipo artesanal, aplicando la metodología de superficie de respuestas. Quince muestras de mezclas para untar fueron formuladas, una vez elaboradas fueron caracterizadas mediante la realización de análisis fisicoquímicos y microbiológicos. La mezcla para untar optimizada se presentó a un panel sensorial no entrenado siguiendo la NTC 3925 (1996), donde se evaluaron cinco atributos: apariencia, color, olor, sabor y textura.

Los resultados obtenidos indicaron que la formula optima de la mezcla para untar tipo artesanal se compone de un 78,0% de mango 4,0% de semillas de quinua y 0,5% de pectina, para obtener un porcentaje de proteína del 1,74%. La mezcla optima presentó un comportamiento reológico que la clasifica como un fluido no newtoniano pseudoplástico característico de productos untables, cumplió con los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos establecidos por la NTC 285 (2007) y los resultados del panel sensorial indicaron una buena aceptación por parte de los panelistas.

**Palabras clave:** análisis sensorial, formulación, mezcla para untar, optimización, proteína, quínoa.

## Abstract

The objective of the research was the optimization of a mango-based spreads mixture and artisan quinoa seeds, applying the response surface methodology. Fifteen samples of spreads were formulated, once elaborated, they were characterized by performing physicochemical and microbiological analyzes. The optimized spreadable mixture was presented to an untrained

sensory panel following NTC 3925 (1996), where five attributes were evaluated: appearance, color, smell, taste and texture.

The results obtained indicated that the optimum formula of artisan-type spreads is composed of 78,0% mango 4,0% quinoa seeds and 0,5% pectin, to obtain a protein percentage of 1,74% The optimal mixture presented a rheological behavior that classifies it as a non-Newtonian pseudoplastic fluid characteristic of spreadable products, it complied with the microbiological and physicochemical parameters established by the NTC 285 (2007) and the results of the sensory panel indicated a good acceptance by the panelists.

Keywords: formulation, mixture to spread, optimization, protein, quinoa, sensory analysis

## **Introducción**

Una alimentación saludable, nos previene de ciertas enfermedades, por lo que últimamente se presta más atención a incluir en nuestra dieta alimentos que, además de tener un mayor valor nutritivo, aporten algunos compuestos bioactivos, entre ellos vitaminas, proteínas que nos protejan nuestra salud.

La creciente epidemia de enfermedades crónicas no transmisibles (obesidad, diabetes, hipertensión, dislipemias, etc.), que representan el 52% (WHO/FAO, 2003) de las causas de muerte en el mundo y que afligen tanto a los países desarrollados como en desarrollo, se relaciona con la dieta y el estilo de vida inadecuada; por esto la necesidad de consumir alimentos con bajo contenido de azúcar (WHO/FAO, 2003).

Las evidencias científicas que asocian una alimentación saludable con la prevención de estas enfermedades son cada vez mayores y han llevado a organismos como la Organización Mundial

de la Salud (WHO/FAO, 2003), a proponer a los países intervenir en políticas relacionadas con el cuidado de la salud y la promoción de una alimentación y estilos de vida saludables. La Organización Mundial de la Salud recomienda para revertir los problemas antes mencionados, entre otras, la reducción de los alimentos muy energéticos ricos en grasas saturadas y azúcar. Por otra parte, se expresa la necesidad de intervención de diversos sectores, públicos y privados, entre las cuales se menciona a la industria alimentaria por su rol central en la producción y distribución de productos que contribuyan a una alimentación sana y más equilibrada, dando origen así, a oportunidades de innovación en esta área.

La tendencia dominante en la industria alimenticia es combinar dos o más aditivos para producir una sinergia, pues la combinación de varios puede resultar más efectiva que los componentes individuales, apuntando a reducir la cantidad necesaria de los aditivos, y así mismo mejorar el sabor dulce, en el caso de los edulcorantes, la textura, mezclando espesantes y el poder antimicrobiano de los conservantes (Gliemmo y col., 2008)

Lo anterior complementado al interés de los consumidores por su salud y bienestar hacen de los alimentos saludables, parte importante de la alimentación en la actualidad (Araya y Lutz, 2003). A su vez, estos alimentos deben ser prácticos y atractivos al público en general, los untables o mezclas para untar como la que se optimizó durante el desarrollo de este trabajo son atractivos a la vista del consumidor, por su intenso color y su versatilidad al combinarse con otros ingredientes que potencian los sabores originales de las materias primas utilizadas.

## **1. Planteamiento del problema**

La optimización de las formulaciones de los productos alimenticios, es de suma importancia para poder satisfacer las necesidades y requerimientos de los consumidores, quienes buscan

encontrar un producto de origen natural, saludable, con las mismas características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales que lo caracterizan y con un proceso de elaboración que cumpla con las BPM mencionadas en la Resolución 2674 de 2013 del Invima y la NTC 285 de 2007 para frutas procesadas. El cumplimiento de los anteriores parámetros permite ofertar un producto de calidad con mejores opciones para su comercialización en los mercados nacionales e internacionales (Aldana, 2003), fortaleciendo de esta forma la industria alimentaria con productos que brindan seguridad a los consumidores.

La soberanía alimentaria y la seguridad alimentaria es una temática global, por lo tanto, es de gran interés la formulación de productos saludables a partir de frutas que se cosechan en nuestra región con importantes características nutricionales como es el mango Mango (*Mangifera indica*) variedad Tommy Atkins y nuevas materias primas que permitan la diversificación de fuentes proteicas, principalmente de origen vegetal las cuales ofrecen propiedades ventajosas como mayor eficiencia metabólica como es el caso de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) (Ponce, 2010).

La microempresa D'Lala Candies, siente la necesidad de crear nuevos productos y/o mejorar los que ha estado desarrollando, con el fin de realizar procedimientos bajo parámetros establecidos, ofrecer productos con características de calidad consistente y tener repetitibilidad en las diferentes formulaciones. La implementación de un nuevo proceso de optimización le permitirá obtener siempre las mismas características en un producto determinado, ya que al tener la documentación pertinente se minimiza la posibilidad del uso de metodologías diferentes, se facilita el control sobre el óptimo desarrollo de los procedimientos haciéndolos más eficaces y eficientes. Se obtendrá una metodología que podrá ser aplicada a nuevas formulaciones.

D'Lala Candies es relativamente joven y no está excluida de replantearse periódicamente el mejoramiento de la calidad de sus productos e innovar con nuevas formulaciones, por lo cual se propone la siguiente pregunta:

¿La aplicación de la metodología de superficie de respuestas permitirá optimizar la formulación de una mezcla para untar a base de mango y semillas de quinua tipo artesanal con un mayor contenido de proteína?

## 2. Justificación

La microempresa D'Lala Candies nace con un proyecto de emprendimiento el cual se enfoca en brindar productos saludables y amigables con el medio ambiente al mercado; el termino saludable allí va direccionado a la no utilización de sustancias químicas y toxicas que se emplean en los productos agroindustriales actualmente, y aminorar el exceso de ingredientes que, aunque sean naturales, pueden aumentar la posibilidad de padecer enfermedades como la diabetes y la obesidad.



Figura 1. Productos empresa D'Lala Candies. **Fuente:** Propia.

D'Lala Candies al culminar la etapa de emprendimiento y pasar a ser una microempresa legalmente constituida, ve la necesidad de optimizar sus fórmulas de mezclas para untar y caracterizarlas fisicoquímica y microbiológicamente, para poder posicionar su marca siendo

reconocida por brindar productos saludables, inocuos y de calidad. Así se asegura la fidelización de sus clientes y su permanencia en el mercado.

En el caso de la formulación de alimentos de bajo porcentaje de azúcar, tales como jaleas y mermeladas, existen problemas tecnológicos aún no resueltos, puesto que la remoción de azúcar implica no sólo la disminución del dulzor, sino que afecta la textura y la estabilidad microbiológica. Para resolver esta problemática es necesario el agregado de diferentes aditivos, entre ellos edulcorantes y espesantes que pueden mejorar la calidad del producto.

La iniciativa de la formulación y elaboración de una mezcla para untar tipo artesanal de bajo contenido en azúcar y con aditivos de origen natural, se presenta como una alternativa alimentaria que podría formar parte de las recomendaciones dietarias y estrategias recientemente, propuestas por los organismos mundiales para la promoción de una alimentación saludable.

Por las razones mencionadas anteriormente, este proyecto de investigación presenta la optimización, elaboración, caracterización fisicoquímica y microbiológica de una mezcla para untar de origen natural y tipo artesanal.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Optimizar la formulación de una mezcla para untar a base de mango y semillas de quinua tipo artesanal, con un mayor contenido de proteína.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- i. Seleccionar la mejor formulación de la mezcla para untar a base de mango y semillas de quinua tipo artesanal, con un mayor contenido de proteína.

- ii. Caracterizar fisicoquímica y microbiológicamente las formulaciones obtenidas de la mezcla para untar.
- iii. Realizar el análisis sensorial a un panel no entrenado de la formula optimizada de la mezcla para untar.

## **4. Marco teórico**

### **4.1 Mango**

El mango (*Mangifera indica*) es originario del sudeste de Asia y es una de las frutas tropicales más importantes en el mundo, debido a su alto contenido de vitamina A y fibra (Sumaya-Martínez, 2012). Es una fruta perecedera y considerada susceptible a enfermedades por los cambios climáticos que acontecen después de su cosecha. En los últimos años el cultivo de mango ha ido en incremento en el país siendo pioneros en producción la costa atlántica (Magdalena, Bolívar, Atlántico, Cesar y Córdoba), centro-occidente (Antioquia) y centro (Cundinamarca y Tolima). La mayor parte de la producción nacional se consume en el mercado interno como fruta fresca, jugos y néctares, y el principal renglón de exportación es la pulpa de mango (Alvarado, 2012). Colombia ocupa el puesto número veinte con una producción de 235 mil toneladas al año y un porcentaje de participación del 0,6% (ASOHOFrucol, 2012).

#### **4.1.1 Tommy Atkins**

Esta variedad de mango posee un fruto de excelente calidad, predomina el color rojo, de forma redonda y tamaño mediano, color amarillo /rojo, de forma redonda, con un peso aproximado por fruto de 450 - 700gr y contenido regular de fibra (Sagarpa, 2009) y pulpa es jugosa.





Figura 2. Mango Tommy Atkins. **Fuente:** Propia

A continuación se presentan algunas características del mango fresco y la pulpa de mango Tommy Atkins. En la Tabla 1 se muestran los valores de los parámetros fisicoquímicos del mango y en la Tabla 2 el valor nutricional de 100gr de pulpa de mango Tommy.

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica del mango Tommy Atkins en estado fresco

Parámetro fisicoquímico	Tommy Atkins
pH	3,97 ± 1.00
°Brix	12,41 ± 0.46
% de acidez	0,60 ± 0.04
Índice de madurez	21,32 ± 0.6

**Fuente:** Zuluaga y col. (2010).

Tabla 2. Caracterización química de la pulpa de mango Tommy Atkins

<b>Parámetro químico</b>	<b>Valor nutricional/100g de pulpa de mango</b>
Agua	81,7 g
Proteína	0,51 g
Grasas	0,27 g
Carbohidratos	17,00 g
Fibra dietaría total	1,8 g
Cenizas	0,50 g
Calcio	10 mg

**Fuente:** Uniagraria, (2016)

## 4.2 Semillas

La semilla es, de acuerdo a la botánica, la parte del fruto que contiene el embrión de una futura planta. Esta parte se encuentra protegida por una testa y deriva de los tegumentos del primordio seminal. Las plantas con semillas se conocen como espermatofitas. La semilla es producida mediante la maduración de un óvulo de una gimnosperma o de una angiosperma y además de contener al embrión de una futura planta, la semilla es una fuente de alimento (Vázquez y col., 1997).

### 4.2.1 Semillas de Quinoa

La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), es un pseudocereal de la región Andina con alto valor nutricional relacionado principalmente por su contenido de proteínas. Es un producto que en el ámbito mundial se cultiva principalmente en la región de los Andes, siendo los mayores

productores los países de Bolivia, Perú y Ecuador. En Colombia fue un cultivo con altos niveles de producción que se había dejado de cultivar. No obstante, desde hace 5 años por acciones de entidades públicas y privadas, se ha incentivado el cultivo propiciando acciones encaminadas a reimplantar de nuevo la quinua en Colombia.



Figura 3. Semillas de quinua. **Fuente:** <http://www.fullmercado.cl>

En Colombia, la quinua se clasifica en dos tipos: las quinuas dulces y las amargas, esta clasificación está relacionada con el contenido de saponina en el grano. La presencia de saponinas es uno de los principales problemas de poscosecha, debido a que esta hace quinua presente un sabor potentemente amargo, por lo cual esta sustancia debe ser removida del grano, y este incrementa los costos de poscosecha (Corzo, 2008).

En la Tabla 3 se presentan las características y el valor mínimo / máximo de los componentes nutricionales de la quinua.

Tabla 3. Caracterización nutricional de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd).

Característica	Mínimo	Máximo	Número de variedades analizadas
Proteína (%)	10,21	18,39	555 accesiones de grano de quinua
Grasa (%)	2,05	10,88	
Fibra (%)	3,46	9,86	
Ceniza (%)	2,12	5,21	
Carbohidratos (%)	52,31	72,98	
Energía (Kcal/100 gr)	312,92	401,27	
Granulo almidón ( $\mu$ )	1,00	28,00	266 accesiones de grano de quinua
Azúcar invertido (%)	10,00	35,00	

Fuente: Rojas (2010).

### 4.3 Aditivos para la formulación de alimentos bajos en azúcar

Según la Norma Técnica Colombiana NTC 1453 de 1978, se define como aditivo alimentario: Sustancia carente de valor nutritivo o agregado sin esta intención, que se incorpora a los alimentos para mejorar sus características organolépticas o sus condiciones de conservación. En la formulación de la mezcla para untar se incorporaron edulcorantes, gelificantes y antimicrobianos. A continuación, se describen los aditivos empleados.

#### 4.3.1 Edulcorantes

La palabra edulcorante viene de la palabra latina “dulcor”, que significa dulzor. Los edulcorantes son sustancias capaces de endulzar un alimento, una bebida o un medicamento. El sabor dulce, si bien es un atributo más dentro de un complejo total que incluye textura, color,

etc., puede influir notablemente en la selección de un alimento ya que, la preferencia por lo dulce no es un sabor adquirido sino innato de la naturaleza humana. Los edulcorantes pueden ser calóricos y no calóricos, sintéticos o naturales (Sancho y col., 1999).

#### **4.3.1.1 Estevia**

La estevia es un edulcorante natural no nutritivo, es una mezcla de derivados glicosilados de esteviol. Se obtiene a partir de la hierba paraguaya *Stevia rebaudiana*, su uso está aprobado en Brasil, Colombia, Argentina, Paraguay, China, Corea y Japón. Recientemente, la Food and Drug Administration, FDA, lo reconoció como aditivo seguro (Generally Recognized as Safe GRAS), estableciendo su potencial uso como edulcorante en bebidas y alimentos. El poder edulcorante de sus hojas está dado por una mezcla de esteviósidos y una serie de rebaudiósidos A, B y C, entre otros (Lindsay, 1999). Posee efectos benéficos para la salud, entre los cuales se mencionan su acción antibacteriana bucal, hipotensora, vasodilatadora y su potencial uso en el tratamiento de diabetes tipo II. Sin embargo, si bien hay datos de la estabilidad de los esteviósidos, hay muy pocos que aborden el estudio de la misma en alimentos y de sus posibles interacciones con otros aditivos o componentes del producto.

#### **4.4 Espesantes y gelificantes**

Los espesantes, necesarios para restaurar el cuerpo y la viscosidad perdida por la remoción de la sacarosa, son mayoritariamente hidrocoloides de origen natural, aditivos generalmente reconocidos como GRAS ya que no se absorben en el organismo, su presencia no es cuestionada por los consumidores, pero es crítica su elección desde el punto de vista de su capacidad para emular las propiedades texturales de los productos regulares.

Los hidrocoloides se destacan por las características estructurales, funcionales y texturales que presentan, con gran variedad de aplicaciones en la industria alimentaria, cumpliendo diversas

funciones tales como espesar, gelificar y estabilizar emulsiones, suspensiones y espumas. Se obtienen a partir de algas marinas: alginatos, agar-agar y carrageninas; de semillas de plantas terrestres: goma guar; de exudados de árboles: goma arábica y goma tragacanto, por procesos microbiológicos: goma xántica y goma gellan o por modificaciones químicas de productos vegetales: pectinas (Pasquel, 2001).

#### **4.4.1 Pectina**

Pectina es un término genérico para un grupo de polisacáridos presentes en las paredes celulares de las plantas. Estos carbohidratos funcionan en combinación con celulosa y hemicelulosa y contienen restos de L-ramnosa y cadenas laterales compuestas principalmente por D-galactopiranososa y L-arabinofuranosa (Wong, 1989).

Gran parte de la pectina comercial es extraída como subproducto de la industria de frutos cítricos enlatados y la pulpa de la manzana. Cuando se encuentra en las frutas la pectina es llamada protopectina, es convertida en forma soluble cuando se sumerge en ácido caliente y es precipitada con alcohol. El grado de esterificación es usado para medir las propiedades gelificantes de las pectinas (Wong, 1989).

#### **4.5 Acidificantes**

Son exaltadores de aromas, sabor y color, preservadores por sus propiedades antimicrobianas y su participación en los sistemas tampón. Son importantes en la formación de geles de pectina: el ácido cítrico se añade para reducir el pH por debajo de 4,5. Además presentan otras funciones en los alimentos, como es el caso de ácido cítrico, que se utiliza como supresor del pardeamiento de frutas y hortalizas, actúa sinergizando los antioxidantes y mejora el aroma. Se obtiene por fermentación de melazas con *Aspergillus niger* (Belitz y Grosch., 1992).

#### **4.6. Mezclas para untar**

Producto a base de frutas para untar se caracteriza por ser de consistencia pastosa que se esparce con un cuchillo o espátula, con el fin de aportar sabor y textura a otros alimentos. A diferencia de los condimentos, se consideran parte integral del plato al que se incorporan, y no un aditamento. (Alimento untable, s.f).

#### **4.7. Metodología de superficie de respuesta (MSR)**

La metodología de superficie de respuesta (MSR) es una herramienta matemática que permite determinar los efectos de cada factor y las interacciones entre ellos, permitiendo que el proceso de optimización se realice de manera efectiva (Bas y Boyaci., 2007).

Los procedimientos realizados mediante la aplicación de la MSR implican la utilización de valores obtenidos de forma experimental, estrategias, métodos matemáticos e inferencia estadística que, cuando se combinan, permiten a los usuarios realizar una exploración eficiente del sistema en el que están interesados (Myers, 2009, Salimi y col., 2014 y Sarfarazi y col., 2015).

La principal ventaja de la MSR es que la cantidad de datos necesarios para la evaluación, el análisis y la optimización reducen significativamente el número de experimentos requeridos. La aplicación metodología implica tres pasos: (1) diseño experimental, en el cual se establecen variables independientes y sus niveles experimentales utilizando diseños experimentales estadísticos establecidos, (2) modelado de superficies de respuesta mediante análisis de regresión; y (3) optimización de procesos utilizando los modelos de superficie de respuesta (Raymond y col., 2009).

#### **4.7.1. Aplicaciones de la metodología de superficie de respuesta (MSR)**

La metodología de superficie de respuesta ha sido utilizada con buenos resultados en diferentes campos como la agroindustria, los alimentos, la química y la salud entre otros. Oliveira y col., 2018 realizaron la optimización de la extracción de pectina de la cáscara de mango, Torres y col., 2018 realizaron la optimización de la formulación de un análogo cárnico formulado con quinua y el amaranto como fuente de proteínas, Chi y col., 2018 realizaron la optimización de la extracción, caracterización y actividades anticancerígenas de polisacáridos de orujo de mango, Torres y col., 2017 optimizaron la extracción asistida por microondas (MAE) de compuestos antioxidantes de semillas de mango utilizando metodología de superficie de respuesta. Ghosh y col., 2016 realizaron la optimización del efecto de la radiación gamma sobre las propiedades texturales de diferentes variedades de papa (*Kufri Chandramukhi* y *Kufri Jyoti*) y Mango (*Langra* y *Fazli*) durante el almacenamiento por respuesta metodología de superficie, Samart y col., 2015 realizaron el proceso de optimización de la actividad inhibitoria de antioxidantes y tirosinasas en cáscaras de mango.

### **5. Metodología**

La investigación presentada fue desarrollada en la Universidad Tecnológica de Pereira, las mezclas para untar fueron obtenidas en las instalaciones de la empresa D'Lala Candies S.A.S en la ciudad de Pereira en el departamento de Risaralda. Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos fueron realizados en el Laboratorio de Alimentos del Instituto Interdisciplinario de las Ciencias de la Universidad del Quindío, realizando los procedimientos que se describen a continuación. Como parámetro de control en el análisis de reología se utilizó una pasta para untar



baja en calorías del mercado y para el color una muestra de pulpa de mango sin aditivos, adquirida en el mercado local. Todos los análisis fueron realizados por triplicado.

### **5.1 Materias primas**

Las materias utilizadas para la formulación de la mezcla para untar tipo artesanal, fueron: mango (*Mangifera indica*) con grado de maduración 4 descrito en la NTC 5210 y adquirido en la central mayorista de alimentos de la ciudad de Pereira Mercasa, las semillas de quinua (*Chenopodium quinua*) desaponificadas fueron adquiridas por medio de Federación Nacional de Cerealeros (Fenalce) y la pectina, ácido cítrico y estevia en polvo, fueron adquiridas en Quimicentro de la ciudad de Pereira, cumpliendo con los parámetros establecidos por las NTC 285.

### **5.2 Diseño experimental**

Para establecer la fórmula óptima de la mezcla para untar con un mayor contenido de proteína, fue utilizado el programa Statgraphics Centurión XVIII. Inicialmente fue creado un diseño experimental, aplicando la metodología de superficie de respuesta (MSR), una vez seleccionada la variable de respuesta: porcentaje de proteína y los tres factores independientes: porcentaje de mango, porcentaje de quinua y porcentaje de pectina, con sus correspondientes niveles máximo y mínimo, como lo establece la Resolución del INVIMA 3929 para Frutas procesadas. Mermeladas y jaleas de frutas, fueron digitadas en la hoja de cálculo del diseño experimental como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Porcentajes (P/P) de mango, semillas de quinua y pectina introducidos en el programa Statgraphics Centurión XVIII, para la obtención de las formulaciones de la mezclas para untar.

<b>Factores</b>	<b>Nivel Mínimo</b>	<b>Nivel Máximo</b>
Mango	70%	85%
Quínoa	1%	5%
Pectina	0%	0,5%

Una vez identificada la variable y los factores fue seleccionado el diseño de superficie de respuesta Box-Behnken (Ferreira y col., 2019), obtenido como resultado 15 formulaciones de la mezcla para untar.

El análisis de regresión se resolvió con un modelo polinomial de segundo orden de acuerdo con la ecuación 1:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=2}^k b_{ij} X_i X_j \quad (1)$$

Dónde:  $\beta_i$  son constantes de ajuste del modelo estadístico,  $X_i$  factores estadísticos de modelo (A = % de mango en la mezcla, B = % de semillas de quinua; C = % de pectina y k número de factores del modelo. Las quince combinaciones de factores o formulaciones de las mezclas como se pueden observar en la tabla de resultados 5 y fueron preparadas siguiendo la metodología que se presenta en el apartado 5.3.

Para la optimización del diseño experimental fueron introducidos en la hoja de cálculo los valores de proteína obtenidos experimentalmente mediante la aplicación de la metodología 5.4.6 para cada una de las mezclas formuladas, como se muestra en la tabla 5. El diseño optimizado se

analizó estadísticamente por un análisis de varianza (ANOVA) con un P-valor < 0,05 en el programa Statgraphics Centurión XVIII.

### 5.3 Elaboración de la mezcla para untar

Una vez obtenidas las combinación de los factores arrojados por el diseño experimental y que corresponden a las 15 formulaciones de las mezclas para untar, fueron elaboradas siguiendo las etapas que se describen a continuación y que se presenta en el diagrama de flujo de la Figura 4.

Las muestras de las mezclas para untar obtenidas, fueron enfriadas a temperatura ambiente, rotuladas y finalmente almacenadas a la misma temperatura (25°C) para su posterior análisis fisicoquímico, microbiológico y sensorial.

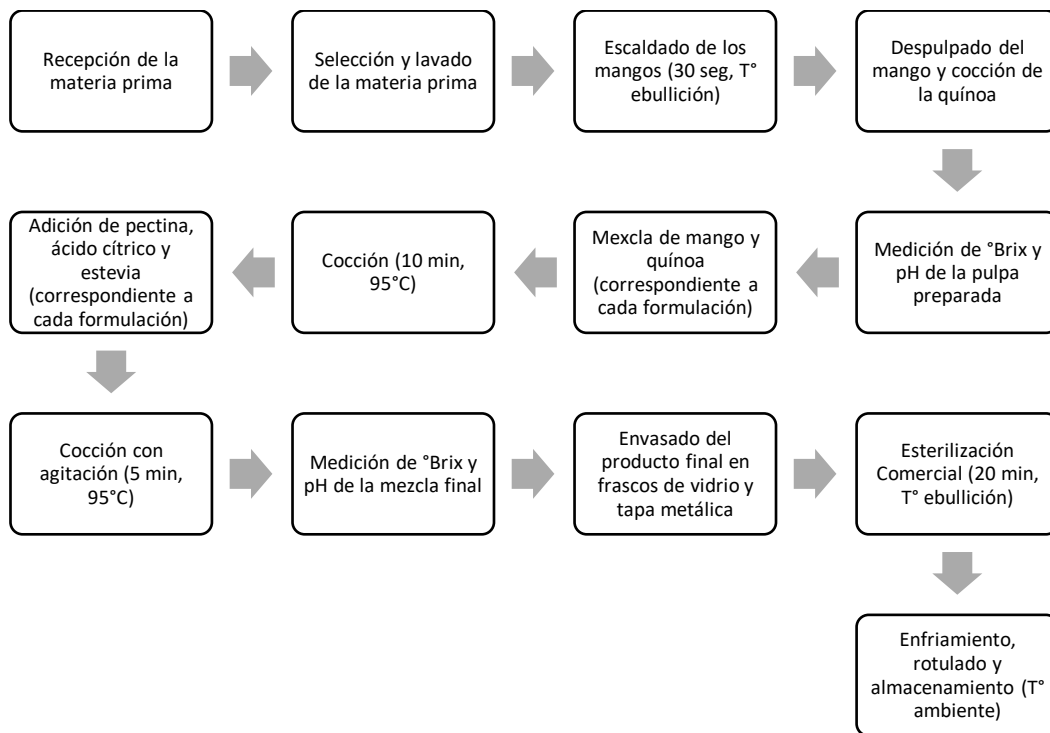


Figura 4. Diagrama de flujo para la elaboración de mezcla para untar tipo artesanal.

**Fuente:** Propia

Inicialmente se seleccionó la materia prima fresca descartando las unidades que presentaban daños físicos. Se pesaron los mangos enteros variedad Tommy Atkins (8150 g) grado de maduración 4, se lavaron con agua potable y fueron sometidos al proceso de acondicionamiento, que consistió en un escaldado en agua hirviendo durante 30 segundos y un rápido choque térmico. Luego, se procedió al despulpado, donde se desecharon las semillas y las cascara para obtener la pulpa de mango por medio de una despulpadora industrial marca industrias cardín & Cia Ltda código D-60 con capacidad de 300kg/h, la pulpa obtenida fue pasada de nuevo por la despulpadora para garantizar la ausencia de impurezas y lograr una textura más fina. Finalmente se pesó la cantidad de pulpa obtenida luego del proceso de despulpado (5000 g) y se midieron los el porcentaje de solidos solubles (°Brix) en un refractómetro digital portable Brixco Instruments (0-90%) y el potencial de hidrogeno (pH) en un pH-metro de punzón portátil Crison PH25® (Crison Instruments S.A., España).

Para cada una de las quince formulaciones obtenidas del diseño experimental utilizado para la optimización, fueron pesadas por separado en la balanza analítica las cantidades correspondientes de cada ingrediente: pulpa de mango, quinoa cocida (semillas), pectina en polvo, ácido cítrico sólido y estevia en polvo requeridas (ver tabla 5).

En una marmita en acero inoxidable de doble chaqueta, con capacidad de 50 litros, fabricada por Ingeniar inoxidables de la ciudad de Pereira para la empresa D'Lala Candies, fue sometida la pulpa de mango hasta ebullición (95°C) con agitación mecánica continua. Una vez se alcanzó el punto de ebullición se sostuvo la temperatura por 10 minutos. Se adicionó las semillas de quinoa previamente cocida y se continuó con el proceso de mezclado por 5 minutos, pasado este tiempo se adicionó el resto de ingredientes: la pectina, la estevia y el ácido cítrico a la marmita y se

continuó con la misma temperatura por 5 minutos más. Una vez finalizado el proceso de cocción fueron medidos nuevamente el pH y °Brix.

La etapa de envasado fue realizada directamente desde la marmita a los frascos de vidrio de 33g con tapa metálica hermética, los cuales fueron previamente esterilizados. Inmediatamente se terminó el envasado se realizó una esterilización, los frascos ya tapados fueron colocados dentro de la marmita, cubiertos completamente con agua y se calentaron a temperatura de ebullición (95-100°C) durante 20 minutos.

Las muestras de las mezclas para untar obtenidas, fueron enfriadas a temperatura ambiente, rotuladas y finalmente almacenadas a la misma temperatura (25°C) para su posterior análisis fisicoquímico, microbiológico y sensorial.

#### **5.4 Análisis fisicoquímico**

Los análisis fisicoquímicos que se describen a continuación fueron realizados a las quince mezclas untables, obtenidas del diseño experimental utilizado para la optimización como se muestra en la tabla 5 y siguiendo las metodologías que se describen a continuación.

##### **5.4.1 Potencial de hidrógeno (pH)**

Las medidas del pH se realizaron mediante el uso de un potenciómetro de punzón portátil Crison PH 25® (Crison Instruments S.A., España) utilizando el método oficial 981.12 (AOAC, 2002). Posterior a la calibración del equipo se introdujo el electrodo directamente sobre la muestra triturada. Se mantuvo en esta posición hasta la obtención de un valor constante de pH, repitiendo este procedimiento por tres veces.

##### **5.4.2 Determinación del contenido en sólidos solubles (°Brix)**

Los sólidos solubles se determinaron de forma directa en °Brix aplicando el método oficial 932.12 (AOAC, 2002). Se utilizó un refractómetro digital portable Brixco Instruments (0-90%).

#### 5.4.3 Determinación de la actividad del agua (aw)

Las determinaciones de aw se realizaron en un intervalo de temperatura comprendido entre 20 y 25 °C, empleando un higrómetro de punto de rocío “Decagon” CX-3 Pawkit, con sensibilidad de  $\pm 0.003$ , el cual se había calibrado previamente con disolución saturada de dicromato potásico para la medida de pulpas de fruta. Luego de ser trituradas y homogenizadas las muestras, se colocaron en las cajas porta-muestras de plástico suministradas por el fabricante para ser acopladas al equipo (Zuluaga y col., 2010). Se realizaron medidas en cada muestra hasta obtener un valor que se repitiera 3 veces consecutivas.

#### 5.4.4 Determinación de acidez titulable (%)

Para la determinación de acidez se empleó el método oficial 942.15 (AOAC, 2002). Inicialmente se diluyó una cantidad conocida de fruta en aproximadamente 40 ml de agua bidestilada. La valoración se realizó con una disolución de hidróxido de sodio NaOH 0.1 N (previamente valorada) utilizando fenolftaleína como indicador y controlando el punto final con el pH-metro hasta alcanzar un valor de 8.1. El resultado fue expresado como porcentaje en peso del ácido mayoritario (considerando ácido cítrico en el mango) y calculando de acuerdo con la Ecuación (2).

$$A = \frac{(V_1 * N) * \left(\frac{M}{v * 100}\right)}{m} * 100 \quad (2)$$

donde:

A: g ácido/100 g de pulpa de fruta

V<sub>1</sub>: volumen (ml) de NaOH consumidos

N: normalidad del ácido mayoritario

M: peso molecular del ácido mayoritario (g/mol)

v: valencia del ácido mayoritario

m: peso de la muestra (g)

#### **5.4.5 Contenido de humedad (%)**

Las medidas del contenido en agua fueron efectuadas mediante el método oficial 925.45 (AOAC, 2002) para alimentos ricos en azúcares. Este método consiste en la determinación de la pérdida de peso de la muestra, mediante desecación de la misma en una estufa de vacío (Vacío-tem, J.P. Selecta) (P = 10 mm Hg), a una temperatura no superior a 63 °C, dejando secar hasta peso constante. Posteriormente y previo a cada pesada las muestras fueron enfriadas (en desecador con una base de sílica gel). La variación de peso se midió en una balanza analítica METTLER AE 100 de precisión 0.1 mg y fue calculado aplicando la Ecuación (3).

$$\% \text{ de agua en la muestra} = \frac{M_1 - M_2}{M} * 100 \quad (3)$$

donde:

M<sub>1</sub> = Peso del crisol más la muestra húmeda

M<sub>2</sub> = Peso del crisol más la muestra seca

M = Peso de la muestra

#### **5.4.6 Determinación del contenido en proteínas (%)**

La cuantificación de este componente se llevó a cabo a partir del método de Kjeldahl que consiste en el análisis del contenido en nitrógeno total y la aproximación al porcentaje de proteínas multiplicando por un factor de conversión preestablecido aplicando el método oficial

984.13 (AOAC, 2002). A partir de la muestra desecada se tomó una cantidad conocida de ésta para ser depositada en tubos de digestión. Posteriormente se adicionó, en su orden, una mezcla de sales catalizadores de sales de sulfato de potasio, sulfato de cobre y selenio ( $K_2SO_4+CuSO_4+Se$ ) en proporción 10:10:1, 10 mL de ácido sulfúrico concentrado y 5 mL de agua oxigenada de 110 vol. Posteriormente se llevó a la unidad de digestión (B – 426 Buchi) durante aproximadamente 45 min. Después de dejar reposar se agregaron 50 ml de agua destilada. El porcentaje de nitrógeno fue calculado mediante la Ecuación 4.

$$N = 0.14 * \left( \frac{V_1 - V_2}{m} \right) * 100 \quad (4)$$

donde:

N: porcentaje de nitrógeno (g nitrógeno/ 100 g muestra)

V1: volumen (ml) de ácido sulfúrico valorados en la muestra

V2: volumen (ml) de ácido sulfúrico valorados en el blanco

m: peso de la muestra.

$$P = N * 6.25 \quad (5)$$

donde:

P: porcentaje de proteínas (g proteínas/100 g muestra)

N: porcentaje de nitrógeno calculado (Ecuación 5).

## 5.5 Análisis de reología

El comportamiento reológico se efectuó a las 15 mezclas formuladas a partir del diseño experimental y a la pasta para untar baja en calorías, usando un reómetro de esfuerzo controlado (Anton Paar serie MCR 301), equipado con un sistema de cilindros concéntricos CC27/T200/SS,



un GAP de 1 mm y placas paralelas (diámetro de la placa superior 25 mm). Los experimentos se llevaron a cabo a  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.1$ , controlada por una unidad de baño de líquido termostático externo, siguiendo la metodología descrita por Contreras-Jiménez et al. (2017). Donde el módulo de almacenamiento ( $G'$ ) y el módulo de pérdida ( $G''$ ) fueron determinados en un rango de frecuencia de 0,1 a 100 Hz. Donde  $G'$  es una medida de la energía almacenada y recuperada por ciclo, mientras que  $G''$  es una medida de la energía disipada en forma de calor que se pierde por ciclo o deformación sinusoidal (Ferry., 1980). El comportamiento reológico de las mezclas untables fue modelado aplicando ley de potencia que se presenta en la Ecuación (6).

$$\eta = \tau = k\dot{\gamma}^n \quad (6)$$

Dónde:  $\eta$  = viscosidad,  $\tau$  = Esfuerzo de tensión (Pa);  $k$  = índice de consistencia;  $n$  = índice de comportamiento del flujo y  $\dot{\gamma}$  = fuerza de corte (1/s). El parámetro  $n$  puede tomar los siguientes valores  $n < 1$ ,  $n = 1$ , y  $n > 1$ . Si  $n = 1$ , el material medido es un fluido newtoniano. Si  $n < 1$  entonces el material es un pseudoplástico y presenta adelgazamiento por cizallamiento, su viscosidad disminuye con el esfuerzo de cizallamiento. Si  $n > 1$ , el comportamiento del fluido es reopéctico, y su viscosidad aumenta con el esfuerzo cortante (Figura y Teixeira., 2007)

## 5.6 Análisis de color

Las mediciones instrumentales de color fueron realizadas en un espectro colorímetro Hunter lab (ColorQuest XE) con iluminante D65 y un observador de  $10^{\circ}$  como referencia en el espacio CIEL\*a\*b\* (ISO/CIE standard, 1976). A partir de los espectros de reflexión se obtuvieron las coordenadas de color, donde  $L^*$  es un indicador de la luminosidad,  $a^*$  (cromaticidad verde (-) a rojo (+)) y  $b^*$  (cromaticidad azul (-) a amarillo (+)) (Restrepo y col., 2009).

Luminosidad  $L^*$  
$$L^* = 116 \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - 16$$
 Ecuación (7)

Coordenadas cromáticas:  $a^*$  
$$a^* = 500 \left[ \left( \frac{X}{X_n} \right)^{1/3} - \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} \right]$$
 Ecuación (8)

Coordenadas cromáticas:  $b^*$  
$$b^* = 200 \left[ \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - \left( \frac{Z}{Z_n} \right)^{1/3} \right]$$
 Ecuación (9)

Estimación de la diferencia de color 
$$\begin{aligned} \Delta a^* &= a^*_m - a^*_{ref} \\ \Delta b^* &= b^*_m - b^*_{ref} \\ \Delta L^* &= L^*_m - L^*_{ref} \end{aligned}$$
 Ecuación (10)

Tolerancia de color 
$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$
 Ecuación (11)

Las mediciones de color  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  fueron realizadas a las 15 formulaciones de las mezclas untables obtenidas del diseño experimental, para la determinación de la tolerancia de color  $\Delta E^*$ , estas fueron comparadas con la muestra de control aplicando la ecuación 11 (Chiralt y col 2012). Ocho mediciones en secciones internas fueron realizadas a cada formulación y promediadas para obtener el valor final de cada parámetro.

### 5.7 Análisis microbiológico

Para el análisis microbiológico se evaluaron las quince muestras para untar formuladas con 5 días de almacenamiento en una temperatura que osciló entre los 20 y 25°C. El análisis de recuento de aerobios mesófilos UFC/g fue realizado siguiendo el procedimiento descrito por la Norma Técnica Colombiana a NTC 4519, recuento de coliformes fecales y totales NTC 4516,

recuento de mohos y levaduras UFC/g NTC 3954 y recuento Clostridium Sulfito Reductoras UFC/g NTC 4834.

### **5.8 Análisis estadístico**

Los valores obtenidos a partir de los análisis fisicoquímicos, fueron realizados por triplicado y los valores medios serán informados con la desviación estándar. Se empleó el diseño factorial de  $3^2$  empleando un análisis de varianza (ANOVA) para determinar la interacción entre los factores y las variables, utilizando el programa Statgraphics Centurión XVIII. Las diferencias se consideraron como significativas con un valor de  $p < 0,05$ .

### **5.9 Análisis sensorial**

El análisis sensorial se realizó a la mezcla para untar tipo artesanal óptima obtenida del análisis de superficie de respuesta, con el propósito de evaluar las características cualitativas como: apariencia, color, olor, sabor y textura; mediante una prueba hedónica de 5 puntos. La prueba fue aplicada a 30 personas no entrenadas de ambos sexos y de todos los estratos sociales. La escala hedónica iba desde -2: me disgusta mucho hasta 2: me gusta mucho. Siguiendo la metodología presentada por Meilgaard y col., 2007 y la NTC 3925.

Para el desarrollo del panel sensorial se hizo la elección de un lugar privado, en el cual no había mucha presencia de ruidos ni olores fuertes que pudieran interferir, una vez instalados los panelistas y antes de iniciar la evaluación sensorial se les informó acerca de las materias primas utilizadas en la formulación de la mezcla para untar, con el propósito de evitar posibles problemas de alergias a estas y obtener su consentimiento para participar en la realización de la prueba.

Las muestras de la mezcla para untar fueron servidas a temperatura ambiente (20-25°C) de una forma uniforme en pequeños recipientes polipropileno y presentados al panel sensorial

(Meilgaard y col., 2007) como se muestra en la figura 5. Posteriormente se solicitó a cada panelista evaluar las muestras siguiendo las instrucciones del cuestionario que se presenta en el Anexo1.



Figura 5. Muestras de panel sensorial

## 6. Resultados y discusiones

A continuación, se presentan los resultados y su correspondiente análisis, para los datos obtenidos de la optimización de las quince mezclas para untar formuladas, los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y el panel sensorial que fueron realizados durante el desarrollo de la investigación.

### 6.1 Optimización del diseño experimental

En la tabla 5 se observan las mezclas para untar preparadas según la combinación de factores arrojados por el diseño experimental con el respectivo porcentaje de proteína, el cual fue obtenido experimentalmente para cada mezcla siguiendo la metodología 5.4.6. En esta tabla se observa que la combinación de factores que obtuvo el valor más alto de proteína fue la mezcla para untar 4 con un valor de 1,70%.

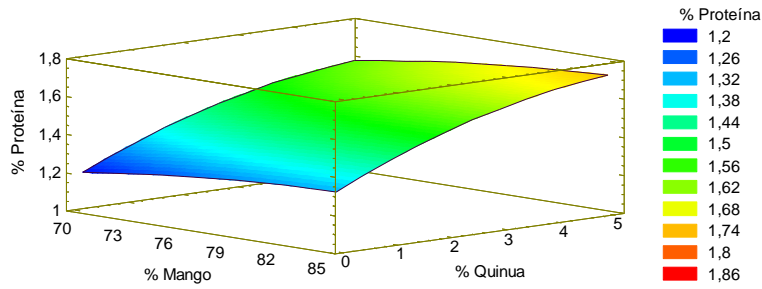
Tabla 5. Combinación de factores arrojados por el diseño experimental con su respectivo porcentaje de proteína. Fuente: Programa Statgraphics Centurión XVIII

<b>Mezclas</b>	<b>% Mango</b>	<b>% Quinoa</b>	<b>% Pectina</b>	<b>% Proteína</b>
1	77,5	3,0	0,25	1,59
2	70,0	3,0	0,00	1,67
3	77,5	3,0	0,25	1,57
4	85,0	3,0	0,5	1,70
5	70,0	1,0	0,25	1,67
6	77,5	5,0	0,50	1,32
7	77,5	5,0	0,00	1,60
8	77,5	1,0	0,00	1,54
9	77,5	1,0	0,50	1,52
10	77,5	3,0	0,25	1,58
11	85,0	1,0	0,25	1,65
12	85,9	5,0	0,25	1,70
13	70,0	3,0	0,50	1,40
14	70,0	5,0	0,25	1,45
15	85,0	3,0	0,00	1,56
<b>EOP</b>	<b>78,0</b>	<b>4,0</b>	<b>0,50</b>	<b>1,74</b>

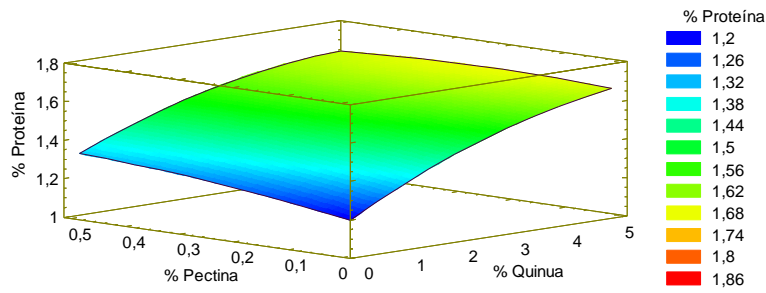
La figura 6 muestra una representación gráfica del diseño de superficie de respuesta optimizado al máximo del porcentaje de proteína con respecto a los porcentajes de cada materia prima utilizada en la formulación de la mezcla untable: porcentaje de mango, porcentaje de

semillas de quinua y porcentaje de pectina, obtenido en el programa Statgraphics Centurión XVIII.

a)



b)



c)

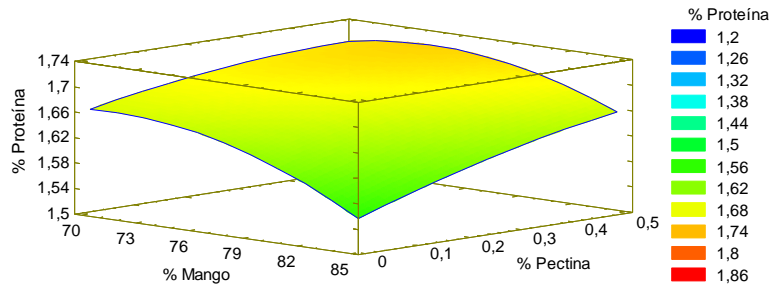


Figura 6. Superficie de respuesta de la proteína frente: a) factor % mango. b) factor % semillas de quinua y c) % pectina. **Fuente:** Programa Statgraphics Centurión XVIII.

Las gráficas obtenidas de la optimización del diseño experimental de superficie de respuesta, indicaron que, si se combina los factores de porcentaje de mango, porcentaje de quinua y porcentaje de pectina en los porcentajes que se describen en la tabla 5, se obtiene un máximo de proteína del 1.74%, el cual fue corroborado experimentalmente, como se observa en la mezcla óptima de la tabla 6.

Tabla 6. Composición de la mezcla óptima, obtenida mediante diseño de superficie de respuesta.

Fuente: Programa Statgraphics Centurión XVIII.

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
Mango	70,0%	85,0%	78,0%
Quinoa	1,0%	5,0%	4,0%
Pectina	0,0%	0,5%	0,5%

En análisis de varianza (ANOVA) del modelo de superficie de respuesta para la optimización del porcentaje de proteína (figura 6), indicó que el porcentaje de mango, porcentaje de semillas de quinua y porcentaje de pectina presentaron diferencias estadísticamente significativas, influyendo de manera directa en el contenido de proteína de las mezclas para untar. El valor R Cuadrado indica que el modelo ajustado, explica 93,52% de la variabilidad en proteína. El valor de proteína cumple con lo descrito en la resolución 3929 del INVIMA para mermeladas, jaleas y confituras (INVIMA, 2013).

## **6.2 Análisis fisicoquímico**

Los resultados obtenidos para los análisis fisicoquímicos obtenidos para las quince mezclas para untar formuladas a partir del diseño experimental se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a las 15 mezclas para untar.

Mezclas	pH	°Brix	Aw	% Acidez	% Humedad
1	3,84	21°	0,84	0,66	73,92
2	3,82	20°	0,90	0,57	76,23
4	3,81	18°	0,90	0,54	78,66
5	3,75	20°	0,90	0,57	76,55
6	3,82	20°	0,88	0,53	76,55
7	3,88	17°	0,90	0,53	80,14
8	3,84	17°	0,89	0,58	78,04
9	3,81	21°	0,89	0,60	75,68
11	3,91	21°	0,89	0,61	76,01
12	3,95	20°	0,89	0,55	74,11
13	3,81	18°	0,89	0,55	77,30
14	3,90	19°	0,89	0,51	76,19
15	3,90	22°	0,90	0,61	73,13

### 6.2.1 Potencial de Hidrógeno (pH)

Como se observa en la Tabla 7 los resultados físico-químicos, el pH de las quince formulaciones se encontraron en un rango comprendido entre 3,75 y 3,95, siendo el menor valor el correspondiente a la formulación con menor contenido de quínoa y de pulpa de mango y por el contrario, el mayor valor de pH correspondió a la formulación con mayor contenido de quínoa y de pulpa de mango. Dado entonces que la pulpa de mango cruda presentó un pH inicial de 4,35 y que la adición de ácido cítrico fue la misma para todas las formulaciones 0.2%, se puede decir



que el ácido cítrico fue el encargado de disminuir el pH y que la cantidad de quínoa afectó levemente el pH de las formulaciones aumentando su valor. Los valores obtenidos para el pH cumplen con la Resolución 3929 de 2013 requisitos para la elaboración de jaleas mermeladas y confituras. Es importante mantener el pH en valores bajos para mejora la conservación del producto.

### **6.2.1 Sólidos Solubles (°Brix)**

Los sólidos solubles, presentaron valores inferiores comparados con los recomendados por la NTC 285 para mermeladas, es decir por debajo de 60 °Brix, como se muestra en la tabla 7. Comportamiento esperado en las mezclas para untar, debido a que el azúcar es la principal fuente de sólidos solubles y este producto no llevó azúcar en su formulación. Aunque pueden existir otras sustancias que pueden contribuir a elevar la cantidad de sólidos solubles, estos se encuentran en cantidades pequeñas, por lo que son despreciables. Características que hace que el producto formulado sea catalogado como mezcla para untar y no como mermelada. Los valores reportados para los sólidos solubles son aportados en su mayoría por la pulpa de mango que presentó inicialmente 15°brix. El aumento o la disminución de los mismos es atribuido a las variaciones del porcentaje de mango adicionado en cada una de las formulaciones, además la etapa de cocción durante el proceso de elaboración del producto, favorece la concentración de estos (Vera, 2012).

### **6.2.3 Actividad de Agua (Aw)**

Para la actividad de agua se observaron valores altos y similares entre sí como se puede observar en la tabla 7. Este comportamiento es atribuido a que las mezclas para untar son productos semisólidos donde se utilizó como materia prima mango, una fruta rica en agua. Este

comportamiento es atribuido a la utilización de productos sustituyentes de la sacarosa en la formulación, los cuales aumentan el valor de aw (Morales, 2009).

#### **6.2.4 Acidez Titulable (%)**

Como se puede observar en la tabla 7, la acidez varió entre el 0,5056 % y el 0.6570% y esta dependió completamente a la cantidad de pulpa de mango de cada formulación que aportó ácido cítrico y la cantidad adicionada de ácido cítrico, que fue igual para todas las formulaciones (Barrantes,2009). Por lo tanto; la variación de la acidez entre las muestras estuvo estrechamente ligada con el porcentaje de mango, entre mayor proporción de pulpa de mango, mayor acidez de la mezcla untada. La acidez además, es de vital importancia contralarla debido a que cuando es muy elevada, rompe el sistema de redes o estructuras en formación afectando la textura del producto final (Hleap, 2008).

#### **6.2.5 Humedad (%)**

Las mezclas para untar son productos de humedad intermedia, los resultados arrojados de las formulaciones lo evidencian, esta humedad es esencial para la interacción entre los componentes del producto, como disolvente del ácido que interviene a su vez en la dispersión de la pectina como se puede observar en la tabla 7. Sin embargo, cuando se exceden estos niveles de humedad, se ve favorecido el crecimiento de microorganismos causantes de la intoxicación alimentaria, especialmente de hongos y levaduras (Camacho, 2009). Para este estudio, el porcentaje de humedad fue ideal para las condiciones de conservación del producto. Teniendo en cuenta que la pulpa de mango inicialmente aportó una humedad del 83,46% propia de la pulpa, hubo una reducción en promedio a 76,35%, esto quiere decir que en la cocción de la mezcla para obtener el producto hubo una reducción del 7,11% de la humedad. En general, los datos de humedad fueron apropiados para un producto de este tipo, variando entre las formulaciones

dependiendo del porcentaje de mango adicionado en cada formulación, sin afectar la calidad del mismo.

### 6.3 Reología

En la figura 7 y 8 se muestra las propiedades reológicas de las quince mezclas formuladas por el diseño experimental en un barrido de frecuencia entre 0.1 a 100 Hz. En estas se observa que el módulo de almacenamiento  $G'$ , fue mayor que el módulo de pérdida  $G''$ , también se observa como ambos módulos aumentan exponencialmente con el aumento de frecuencia para todas las emulsiones analizadas. Este comportamiento indica que las emulsiones formuladas tienen una estructura homogénea, además que poseen un carácter más elástico que viscoso (Pruska y col., 2008), debido a la estructura química de la pulpa de mango, el contenido de pectina y los polisacáridos presentes en la pulpa (Ahmed y col., 2005).

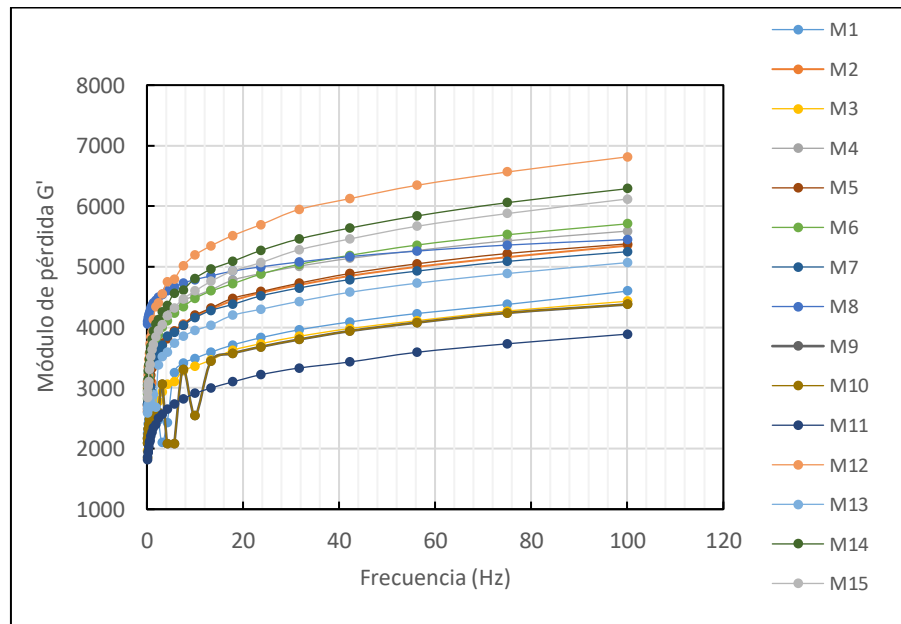


Figura 7. Módulo de almacenamiento  $G'$  para mezclas formuladas con mango, quinua y pectina.

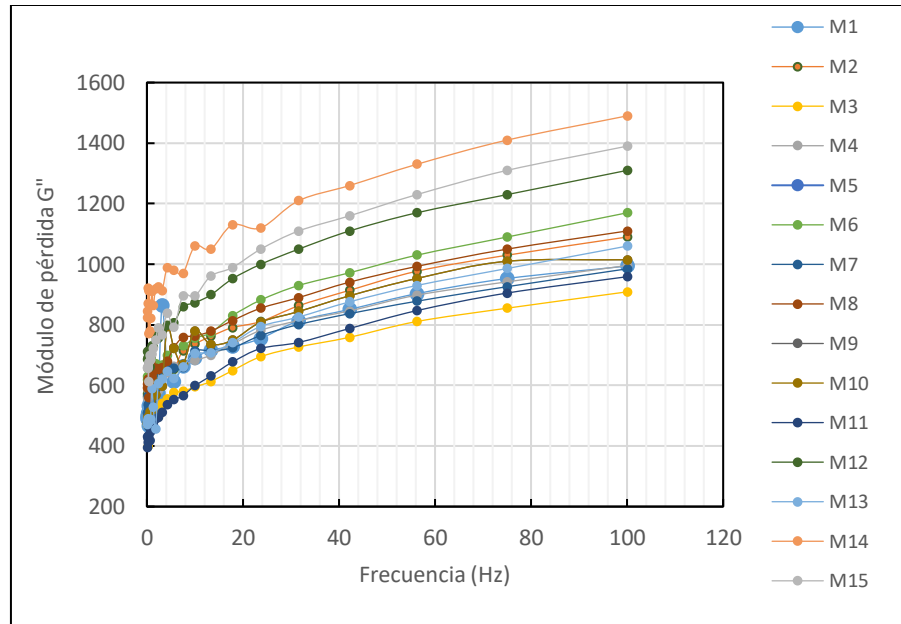


Figura 8. Módulo de almacenamiento  $G''$  para mezclas formuladas con mango, quinua y pectina.

Estos resultados indican que las mezclas que tienen mayor contenido de quinua (3-5 %) presentaron el mejor comportamiento viscoelástico debido a que presentan los valores de  $G'$  más altos. Por lo tanto; la muestra óptima también tiene un buen comportamiento reológico (Torres y col., 2018).

Utilizando la ecuación de ley de potencia (6), se modeló el comportamiento de viscosidad de la mezcla óptima, formulada con mango, semillas de quinua y pectina. Para resolver la ecuación, se reescribió, siguiendo la metodología reportada por Contreras-Jiménez et al., (2017). La ecuación general fue la siguiente.

$$\text{Log } \eta = \text{Log } 3.18 + (0.39) \text{Log } \dot{\gamma} \quad (7)$$

El  $R^2$  a este modelo fue 0,96. El índice  $n$  encontrado en este modelo muestra que la mezcla óptima está dentro de la categoría de materiales pseudoplásticos, y tiene un comportamiento de

adelgazamiento por cizallamiento,  $n < 1$ . El modelo obtenido en esta investigación (7) se puede utilizar para predecir el comportamiento de la viscosidad de las emulsiones. La figura 9 muestra el Log de la viscosidad compleja frente al log de la velocidad de cizallamiento evaluada experimentalmente. Valores similares fueron reportados Barbieri y col., 2018, para la caracterización y propiedades reológicas de pulpa y mermelada de Gabiroba (*Campomanesia xanthocarpa Berg*):

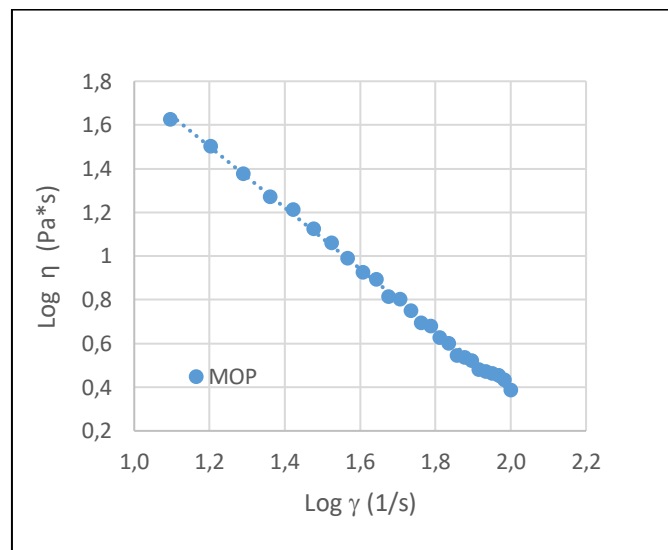


Figura 9. Viscosidad compleja logarítmica (Pa\*s) frente al logaritmo de la velocidad de cizallamiento (1/s).

#### 6.4 Color

En la tabla 8 se presenta los parámetros de color  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  y  $\Delta E$ , correspondientes a las 15 mezclas para untar formuladas, como parámetro de control los datos fueron comparados con una pulpa de mango sin aditivos. Como podemos observar, los valores obtenidos para  $b^*$  son positivos indicando una tendencia hacia el color amarillo, color característico de la pulpa de mango. Estos resultados evidencian la poca interferencia del color de las semillas de quinua utilizadas en la formulación. La luminosidad no presentó diferencias estadísticamente significativas entre las muestras de la mezcla para untar analizadas.

Tabla 8. Parámetros de color escala CIEL\* a\* b\* y  $\Delta E$ , para las mezclas para untar formuladas a partir del diseño experimental.

Mezclas	L*	a*	b*	$\Delta E$
1	58,51	10,79	43,91	6,98
2	58,51	10,79	43,91	6,98
3	58,03	11,05	43,61	7,19
4	58,24	10,60	43,46	6,90
5	58,88	11,11	44,46	7,13
6	58,37	10,66	43,71	6,95
7	58,54	10,53	43,27	6,54
8	59,58	11,41	46,00	7,95
9	59,80	11,51	48,17	9,41
10	59,78	11,48	47,23	8,93
11	58,68	11,66	45,30	7,97
12	59,53	12,21	46,42	8,49
13	59,50	11,56	45,86	7,90
14	59,19	11,46	44,97	7,36
15	59,12	12,63	45,90	8,40
Estándar	63,76	10,18	39,35	

Para la tolerancia de color  $\Delta E$ , nos indican que las mezclas presentan valores entre  $1.5 < \Delta E^* < 12$  siendo evidentes, indicando que las mezclas se encuentran en un rango de tolerancia de color aceptable con relación a la muestra de control, este comportamiento es atribuido a la adición de las semillas de quinua durante la formulación.

### 6.5. Análisis Microbiológico

En la tabla No. 9 se presentan los resultados obtenidos para las 15 mezclas para untar formuladas. Como se observa los valores obtenidos para las diferentes pruebas microbiológicas realizadas se encuentran dentro de todos los parámetros establecidos por la NTC 285, Frutas Procesadas Mermeladas y Jaleas de Frutas.

Tabla 9. Resultados análisis microbiológicos

Análisis	Resultados	Valores Referencia NTC 285	Método
Recuento de aerobios Mesófilos UFC/g	10	10 - 100	NTC 4519
Coliformes totales NMP/g	< 3	-	NTC 4516
Coliformes fecales NMP/g	< 3	-	NTC 4516
Recuento de mohos y levaduras UFC/g	< 10	30 – 300	NTC 3954
Recuento Clostridium Sulfito Reductoras UFC/g	< 10	< 10	NTC 4834

Los resultados obtenidos son atribuidos al proceso de esterilización y el pH bajo de las mezclas que inhibieron el crecimiento de bacterias en el producto obtenido. Estos resultados permiten evidenciar las buenas prácticas de manufactura (BPM) e higiene aplicadas durante todo el proceso de elaboración del producto.

## 6.6 Análisis sensorial

Este análisis se realizó con la finalidad de conocer el grado de aceptación de la mezcla artesanal obtenida del proceso de optimización y formulada con un 78,0% de mango, 4,0% de semillas de quinua, 0,5% de pectina y sin azúcar adicionada por el grupo de panelistas.

El tipo de prueba que se efectuó fue un análisis sensorial descriptivo, para ellos se convocó un panel NO entrenado conformado por 30 personas divididas entre docentes y estudiantes del área de agroindustria quienes emitieron su percepción sobre cada una de las muestras evaluadas. La prueba fue realizada las instalaciones de la Universidad tecnológica de Pereira y siguiendo los lineamientos establecidos en la NTC 3925. Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes figuras que se presentan a continuación. La figura 10 resume las opiniones relacionadas con el atributo apariencia del producto. Donde se puede notar el gusto por la apariencia que presentó la mezcla para untar indicando que el 50% de los panelista les gusta la mezcla para untar y el otro 50% le gusta mucho.

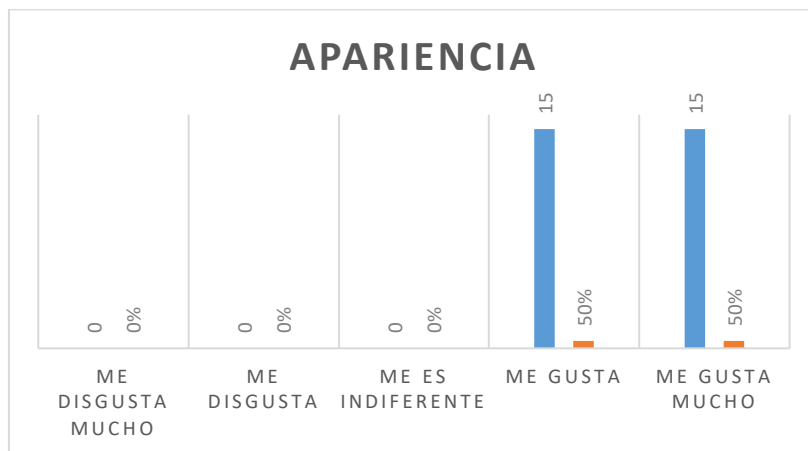


Figura 10. Apariencia de la mezcla para untar



Como se puede observar en la figura 11, los panelistas respondieron positivamente sobre el color que presentó la mezcla para untar, al 1% les fue indiferente, al 23% les gustó y al 73% restante les gusta mucho el color.

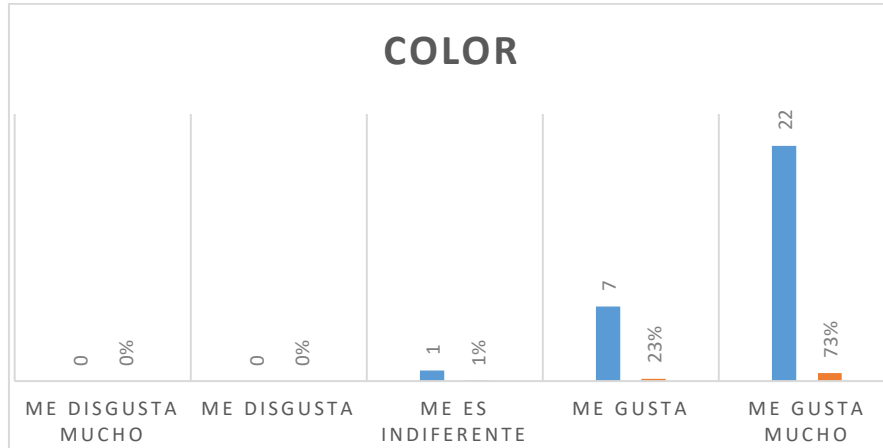


Figura11. Color de la mezcla para untar

Respecto al olor en la figura 12 se observa que al 70% de los panelistas les gustó mucho, al 20% les gustó y el 10% restante le es indiferente el olor.

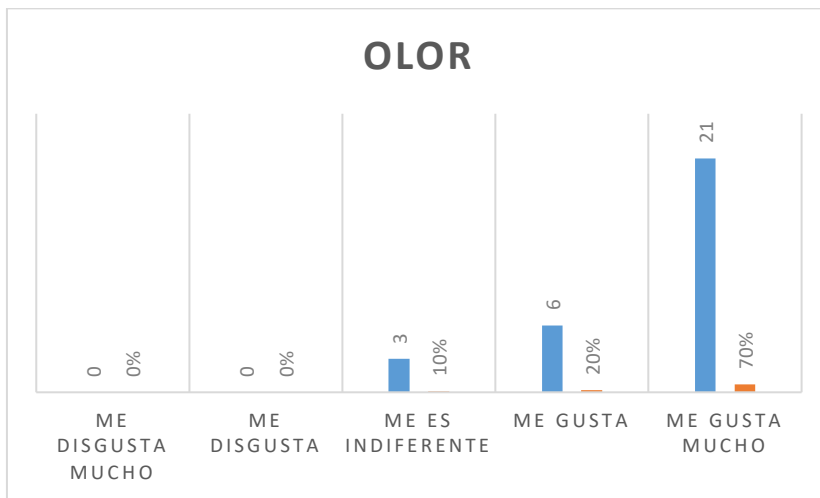


Figura 12. Olor de la mezcla para untar

La figura 13, muestra los resultados de las opiniones respecto al sabor de la mezcla para untar en donde un 6% le disgustó su sabor, un 17% le es indiferente, al 27% le gusta y el mayor porcentaje de los encuestados les gusta mucho (50%).

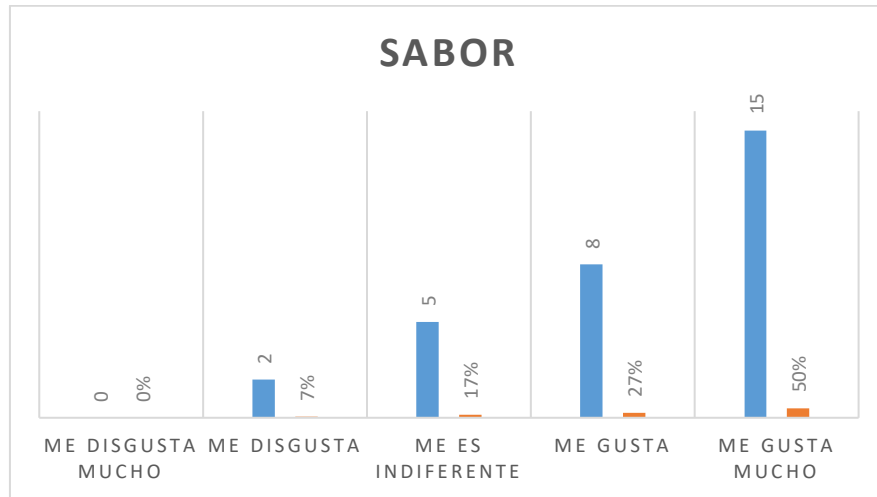


Figura 13. Sabor de la mezcla para untar

En la figura 14 se pueden observar los resultados obtenidos con relación al atributo textura, al 37% le gustó mucho, al 43% le gusta, el 13% le es indiferente, al 7% le disgustó y al 50% le gustó mucho.

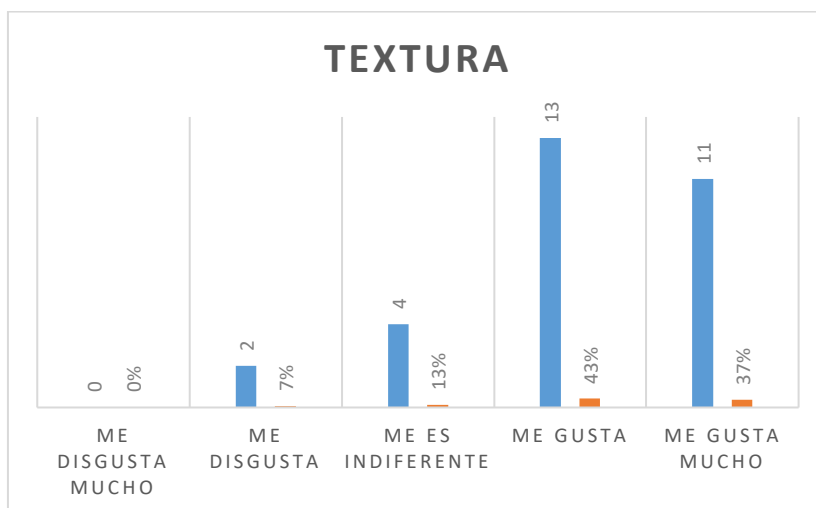


Figura 14. Textura de la mezcla para untar

La mezcla para untar tuvo muy buena aceptación por parte de los panelistas, en los comentarios la asimilan con una mermelada y/o compota. Los valores obtenidos con relación al color, olor, sabor y aroma, son atribuidos a la utilización de materias primas frescas de buena calidad y a lo no utilización de aditivos químico o colorantes artificiales durante la elaboración de las mezclas untables tipo artesanal. En cuanto al atributo textura algunos panelistas recomendaron disminuir la fluidez del producto.

## **7. Conclusiones**

El método de diseño experimental de superficie de respuesta permitió la optimización y formulación de la mezcla para untar tipo artesanal, con un 78,0 % de mango, 4,0% de semillas de quinua, 0,5% de pectina y un contenido de proteína del 1,74%. La mezcla cumplió con los estándares fisicoquímicos y microbiológicos exigidos por el marco legal colombiano para elaboración y comercialización de este tipo de productos.

Los resultados obtenidos del análisis reológico nos indican que las mezclas para untar presentaron una estructura homogénea, debido a la estructura química de la pulpa de mango, las mezclas formuladas con mayor contenido de quinua presentaron el mejor comportamiento viscoelástico debido a que presentan los valores de  $G''$  más altos. La mezcla óptima fue ajustada al modelo de ley de potencias con un  $R^2 = 0,96$  y un valor para el índice de comportamiento del flujo  $n < 1$ , clasificándola como un fluido pseudoplásticos característico de productos untables.

La evaluación del parámetro de color por métodos instrumentales, así como por un panel sensorial no entrenado, hicieron posible determinar la aceptabilidad de las mezcla untable optimizada. Valores altos fueron obtenidos para los diferentes atributos evaluados en la mezcla untable con 5 días de almacenamiento, indicando el efecto positivo de la adición de semillas de

quinua para enriquecer el contenido proteico del producto, sin afectar el color característico del mango y logrando las carteristas de un producto untable.

## **8. Recomendaciones**

Con el propósito de controlar y homogenizar los procesos que se dan en la planta de producción de la empresa D'Lala Candies D, se recomienda realizar la optimización del proceso de elaboración de la mezcal untable, mediante la automatización de los equipos utilizados durante las etapas de mezclado, evaporación y cocción.

Realizar estudios de vida útil, análisis microbiológicos y fisicoquímicos, aumentando el tiempo de almacenamiento de las mezclas untables, con el propósito de establecer los tiempos de vida útil del producto en el mercado y las condiciones de almacenamiento.

Plantear los balances de materia, energía y costos, que permitan el escalamiento a nivel industrial la mezcla óptima obtenida a nivel piloto, conservando sus características fisicoquímicas reológicas y sensoriales

## Referencias

Ahmed, J., Ramaswamy, H. S., Hiremayh, N. (2005). The effect of high-pressure treatment on rheological characteristics and colour of mango pulp. *International Journal of Food Science and Technology*, 40, 885–895.

Aldana, C. 2003. La estandarización de los productos. Recuperado de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-992710>.

Alimento untable. (s.f.). En Wikipedia. Recuperado el 03 de junio de 2019 [https://es.wikipedia.org/wiki/Alimento\\_untable](https://es.wikipedia.org/wiki/Alimento_untable).

Alonso, J.R. 1998. Tratado de Fitomedicina, Bases Clínicas y Farmacológicas. Ediciones ISIS, Buenos Aires, Argentina.

Alvarado, J. R. (2012). Situación actual y perspectivas de la cadena productiva del mango en Colombia. Recuperado de: [http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca\\_217\\_Situaci%C3%B3n%20actual%20y%20perspectivas%20de%20la%20cadena%20Productiva%20del%20Mango%20en%20Colombia.pdf](http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_217_Situaci%C3%B3n%20actual%20y%20perspectivas%20de%20la%20cadena%20Productiva%20del%20Mango%20en%20Colombia.pdf)

Araya, H. y Lutz, M. (2003). Alimentos funcionales y saludables. *Revista chilena de nutrición*, vol. 30. Recuperado de [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182003000100001&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182003000100001&lng=es&nrm=iso).

ASOHOFRUCOL. 2012. Congreso Latinoamericano de Mango. El mango, rico en desafíos. Revista de la asociación Hortofrutícola de Colombia–Frutas y Hortalizas. 25: pp. 8-11.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2002. Official methods of analysis of AOAC International. 17th edition. 1st revision. Association of Analytical Communities, Gaithersburg, MD, USA.

Barbieria, S., De Oliveira Petkowicza, C., Bueno de Godoyb, R., Cordeiro Monteiro de Azeredoc, H., Cavichiolo C., Meira, J. (2018). Pulp and Jam of Gabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg): Characterization and Rheological Properties. *Food Chemistry* 263 (2018) 292–299.

Barrantes, A. (2009) Desarrollo de una mermelada sin adición de azúcar empleando gomas que produzcan geles similares a la pectina y evaluación de los costos de materia prima, Universidad de Costa Rica, Facultad de ciencias agroalimentarias. Costa Rica. Pag 41:44

Bas, D. and Boyaci, I.H. (2007) Modeling and optimization I: Usability of response resurface methodology. *Journal of Food Engineering*, 78, 836-845.

Bedui, S. 2006. *Química de los Alimentos*. 4ta. edición, Pearson Addison Wesley, México.  
Belitz, H.D., Grosch, W. 1992. *Química de los Alimentos*. 2da Edición, Editorial Acribia, Zaragoza, España.

Belitz, H.D., Grosch, W. Química de los alimentos. Segunda edición. Zaragoza: Acribia, 1992

Camacho, A., M.Giles, A.Ortegón, M.Palao, B.Serrano y O.Velázquez. 2009. Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. 2ª ed. Facultad de Química, UNAM. México.

Cavichiolo C., Meira, J. (2018). Pulp and Jam of Gabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg): Characterization and Rheological Properties. *Food Chemistry* 263 (2018) 292–299.

Chi, G., Hu. S., Yang, Y., Chen, T. (2012). Response surface methodology with prediction uncertainty: a multi-objective optimisation approach. *Chemical Engineering Research and Design* 90, 1235-1244.

Chiralt, A., Martínez, N., González, C. (2012). *Propiedades Físicas de los Alimentos*. Universidad Politécnica de Valencia. 91-128.

Choi, J-M., Han, S-K., Kim, J-T., Lee, C-Y. (2016). Optimization of combined (acid þ thermal) pretreatment for enhanced dark fermentative H<sub>2</sub> production from *Chlorella vulgaris* using response surface methodology. *International biodeterioration & biodegradation quartile* 108, 191-197.

Commission Internationale de l'Éclairage [CIE], 1976).

Contreras-Jiménez, B., Gaytán-Martínez, M., Morales-Sánchez, E., Figueroa, J. D. C., Pless-  
Elling, R. C., González-Jasso, E., Mendez-Montealvo., Velazquez, G. (2017). Effect of  
tempering time, Ca (OH)<sub>2</sub> concentration and particle size on the rheological properties of  
extruded corn flour. *Cereal Chemistry*, 94(2), 230-236.

Corzo, D. 2008. Análisis y selección de diferentes métodos para eliminar las saponinas en dos  
variedades de *Chenopodium quinoa Willd.* José Celestino Mutis. 19: pp. 153-162.

Ferreira, S.L.C., Silva, L. O. B., Felixa, C. S.A., Da Silvaa, D.L.F., Santosa, A.S., Santos  
Netoa, J.H., de Souzaa, C.T., Cruz Juniora, R.A., Souza, A.S. (2019). Multivariate optimization  
techniques in food analysis – A review. *Food Chemistry*, 273, 3-8.

Ferry, J. D. (1980) *Viscoelastic Properties of Polymers*, 3rd Edition. J. Wiley and Sons, New  
York.

Figura, Ludger., Teixeira, Arthur A. *Food Physics Physical Properties - Measurement and  
Applications*, springer Verlag Berlin Heidelberg 2007

Ghosh, S., Das. M. K. (2016). Optimization of the effect of gamma radiation on textural  
properties of different varieties of potato (*Kufri Chandramukhi* and *Kufri Jyoti*) and mango  
(*Langra* and *Fazli*) during storage by response surface methodology. *Innovative Food Science  
and Emerging Technologies* 26, 257–264.



Gliemmo, MF., Calvino, AM., Tamasi, O., Gerschenson L.N., Campos C.A. (2008). Interactions between aspartame, glucose and xylitol in aqueous systems containing potassium sorbate. *LWT Food Science and Technology* 41, 611-619.

Hleap, J. I. (2008) Métodos de conservación de alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. Pág. 130:135.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y DE CERTIFICACION –  
ICONTEC. Aditivos para alimentos. Sustancias para conservación. Bogotá: ICONTEC, 1978 (NTC 1453).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y DE CERTIFICACION –  
ICONTEC: Frutas procesadas. Mermeladas y jaleas de frutas. 5a Actualización. Bogotá: ICONTEC, 2007.16p. (NTC 285).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y DE CERTIFICACION –  
ICONTEC Análisis sensorial. Metodología. Guía general. Bogotá: ICONTEC, 1996. 16p. (NTC 3925).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y DE CERTIFICACIÓN –  
ICONTEC. Azúcar, jugos, jarabes y mieles de caña. Determinación de mohos y levaduras. Método de recuento en placa. Bogotá: ICONTEC, 2007. (NTC 3954).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y DE CERTIFICACIÓN –  
ICONTEC. Microbiología de alimentos y productos de alimentación animal. Método horizontal para la detección y enumeración de coliformes técnica del número más probable. Bogotá: ICONTEC, 2009. (NTC 4516).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y DE CERTIFICACIÓN -  
ICONTEC. Microbiología de los alimentos para consumo humano y animal. Método horizontal para el recuento de microorganismos. Técnica de recuento de colonias a 30 °C. Bogotá: ICONTEC, 2009. (NTC 4519).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y DE CERTIFICACIÓN –  
ICONTEC. Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Métodos horizontales para el recuento de clostridium sulfito reductores e identificación de *clostridium perfringens*. Técnica de recuento de colonias. Bogotá: ICONTEC, 2000. 11 p. (NTC 4834).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y DE CERTIFICACIÓN –  
ICONTEC. Frutas frescas, mango, variedades mejoradas. Especificaciones.: ICONTEC; 2003. (NTC 5210).

INVIMA. 2013. Resolución Número 3929 de 2013. (2 de octubre de 2013). Por la cual se establece el reglamento técnico de los registros sanitarios que deben cumplir mermeladas, jaleas y confituras, 3929. 2013.

INVIMA.2013. Resolución Número 2674 de 2013. (22 de julio de 2013). Por la cual se reglamenta el artículo 126 del Decreto Ley 019 de 2012 y se dictan otras disposiciones, 2674. 2013.

ISO/CIE standard (1976). ISO 11664-4:2008(E)/CIE S 014-4/E: 2007: Joint ISO/CIE standard: Colorimetry - Part 4: CIE 1976 L\*a\*b\* colour space.

Lindsay R C. 1999. Food additives. Owen Fennema editor. Food Chemistry. 3ª Edición, Marcel Dekker, Nueva York, USA.

Meilgaard M, Carr T, Vance G. 2006. Sensory Evaluation Techniques, Fourth Edition.

Morales, N. M. 2009. Desarrollo de un prototipo de mermelada light de mango utilizando sucralosa y sacarina como edulcorantes no calóricos. Zamorano, Honduras. Pag 21.

Myers, R.H., 1976. Response Surface Methodology. Edwards Brothers, Ann Arbor, MI

Myers, R.H. and D.C. Montgomery. 2009. Response surface methodology, process and product optimization using designed experiments. Second edition, John Wiley and Sons, New York, USA. 793 p.

Oliveira, A., Paula, D.A., Oliveira, E.B., Saraiva, S.H., Ramos, M.A. (2018). Optimization of pectin extraction from Ubá mango peel through surface response methodology. *International Journal of Biological Macromolecules*, 113, 395-402

Park, J-H., Cheon, H-C., Yoon, J-J., Park, H-D., Kim, S-H. 2013. Optimization of batch dilute-acid hydrolysis for biohydrogen production from red algal biomass. *Int J Hydrogen Energy* 38, 6130-6136.

Pasquel A. 2001. Gomas: Una aproximación a la industria alimentaria. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias UNAP, Iquitos, Perú.

Ponce, C. (2010). La seguridad y la confianza, claves en los alimentos para celíacos. *Alimentaria*, 413-133.

Pruska-Kedzior, A., kedzior, Z., Goracy, M., Pietrowska, K., Przybyska, A., Spsychalska, K., 2008. Comparación of rheological, fermentative and baking properties of gluten-free dough formulations. *Eur. Food Res. Technology* 227, 1523-1536.

Raymond H. Myers., Douglas C. Montgomery., Christine M. Anderson-Cook. (2009). *Response Surface Methodology Process and Product Optimization Using Designed Experiments* Third Edition, by John Wiley & Sons.

Restrepo, A.M., Cortés, M., Márquez, C.J. (2009). Uchuvas (*Physalis peruviana* L.) mínimamente procesadas fortificadas con vitamina E. *VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica (UDEA)*. 16(1):19-30.

Rojas, W., M. Pinto, Soto, J.L., Alcocer, E. 2010. Valor nutricional, agroindustrial y funcional de los granos andinos. In: W. Rojas, M. Pinto, J.L. Soto, M. Jagger y S. Padulosi (eds.). *Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia*. Bioersity International, Roma, Italia. Pp. 151-164.

Sagarpa, C. 2009. Superficie de mango, volumen de producción y rendimiento promedio por municipio y variedad. Subdelegación Agropecuaria. Programa de Fomento Agrícola y Programa de Sanidad Vegetal. Delegación Estatal en Nayarit. Documento de trabajo. 10 p.

Sancho J, Bota E, de Castro JJ .1999. *Introducción al análisis sensorial de alimentos*. Edicions Universitat, Barcelona, España.

Salimi, Y. Maghsoudlou, S.M. Jafari, A.S. Mahoonak, M.Kashaninejad, A.M. Ziaiiifar. (2014). Preparation of lycopene emulsions by whey protein concentrate and maltodextrin and optimization by response surface methodology. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 36, 274-283.

Samart Sai-Ut, S., Soottawat Benjakul, S., Kraithong, S., Rawdkuen, S. (2015). Optimization of antioxidants and tyrosinase inhibitory activity in mango peels using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology* 64, 742-749.

Sarfarazi, M., Jafari, S.M., Rajabzadeh, G. (2015), Extraction optimization of saffron nutraceuticals through response surface methodology. *Food Anal. Methods*, 1-13.

Sumaya-Martínez, M., L. Sánchez, G. Torres, y D. García. 2012. Red de valor del mango y sus desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 30, pp. 826- 833.

Statgraphics® Centurion XVI. Manual de usuario. 2010 StatPoint Technologies, Diseño de Experimentos. Inc. [www.STATGRAPHICS.com](http://www.STATGRAPHICS.com)

Torres, L., Romeo, R., Serna-Cock, L., Belmares-Cerda, L., Aguilar, C. L. 2017. Extraction of antioxidants from mango seed kernel: Optimization assisted by microwave. *Food and Bioproducts Processing*, 10 5, 188–196.

Torres, O., García, A., Figueroa, K. (2018). Quinoa and Amaranth as Protein Source in the Elaboration of a Cooked Ham-Type Meat Analog. *Advance Journal of Food Science and Technology*, *Advance Journal of Food Science and Technology* 16(SPL), 273-279.

Uniagraria. 2016. Recuperado de: <https://www.uniagraria.edu.co/wp-content/uploads/2018/09/alternativas-para-la-generacion-de-valor-agregado-en-los-cultivos-de-mango-y-quinua.pdf>.

Vázquez Yanes, C., Orozco, A., Rojas, M., Sánchez, M. E., Cervantes, V. (1997). La reproducción de las plantas: semillas y meristemas. Fondo de cultura Económica.

Vera, M. N. (2012) Elaboración de Mermelada Light de Durazno. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile. Santiago, Chile. Pag 38.

WHO/FAO. 2003. World Health Organization Technical Report, Series 916. Report of a joint expert consultation: Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases.

Wong, D. 1989. Química de los alimentos: mecanismo y teoría, Zaragoza, España. Editorial Acribia.

Zuluaga, J.D., Cortes-Rodríguez, M., Rodríguez-Sandoval, E. 2010. Evaluación de las características físicas de mango deshidratado aplicando secado por aire caliente y deshidratación osmótica. Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V 25, N° 4, 127–135.

## Anexos

### Anexo 1. Evaluación sensorial

#### Evaluación sensorial

En el siguiente formato, se presenta un análisis descriptivo siguiendo la NTC 3925 (1996), donde se evaluarán 5 atributos (apariencia, color, olor, sabor y textura) en una escala de 1 a 5. Para la realización del análisis se contará con la participación de 40 panelistas no entrenados (consumidores) dividido en dos grupos, quienes emitieran su percepción sobre la muestra utilizando el siguiente formato:

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del producto: \_\_\_\_\_

A continuación, deberá probar la muestra y realizar la evaluación sensorial a los siguientes atributos: apariencia, color, olor, sabor y textura. A cada atributo asígnele una calificación indicando que tanto le gusta o le disgusta, según la siguiente escala:

CALIFICACIÓN	CARACTERÍSTICA
-2	Me disgusta mucho
-1	Me disgusta poco
0	Me es indiferente
1	Me gusta
2	Me gusta mucho

ATRIBUTO	CALIFICACIÓN
Apariencia	
Color	
Olor	
Sabor	
Textura	

Observaciones:

---

---

---

**MUCHAS GRACIAS**