



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA  
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



## ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO, SENSORIAL Y MICROBIOLÓGICO PARA EL DESARROLLO DE UNA FORMULACIÓN DE UNA MERMELADA DE COCO

GRADO EN CIÈNCIA I TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

ALUMNO: SERGIO SORIANO FITA

TUTORA: GABRIELA CLEMENTE POLO

COTUTORA: ANA ISABEL JIMÉNEZ BELENGUER

DIRECTOR EXPERIMENTAL: NELSON KEVIN SINISTERRA SOLIS

Curso académico 2020/2021

Valencia, abril de 2021

# **ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO, SENSORIAL Y MICROBIOLÓGICO PARA EL DESARROLLO DE UNA FORMULACIÓN DE UNA MERMELADA DE COCO**

## **RESUMEN**

El cocotero (*Cocos nucifera*) es la palmera más cultivada y también la más importante del mundo. Es la principal especie utilizada para producir aceites vegetales, además, es una fuente primaria de alimento.

Colombia tiene una producción muy alta de cocoteros, por lo que el desarrollo de productos derivados del mismo, puede representar un impulso económico para el país.

El objetivo de este trabajo es formular un producto derivado del coco, que pueda elaborarse de forma sencilla y cuyo resultado final genere aceptación en la población y resulte una forma notable de aprovechamiento de los cocoteros, que son abundantes en el área donde se producen.

El producto formulado es una mermelada de coco. Se realizaron tres formulaciones; una elaborada con pulpa y dos más con extracto (15% y 25% de azúcar inicial). Se realizaron determinaciones fisicoquímicas (color, textura, Brix°, propiedades mecánicas y pH), determinaciones microbiológicas y análisis sensorial mediante una cata con 20 catadores. Al finalizar las determinaciones, la mermelada con mayor aceptación en el análisis sensorial fue la elaborada con pulpa, mostrando en las determinaciones fisicoquímicas valores de color cercanos a la materia prima inicial y una textura que la hacía práctica para su consumo según los catadores encuestados. La mermelada con menor aceptación fue la elaborada con un 25% de azúcar inicial, debido a que sus valores en la evaluación fisicoquímica y sensorial detallaban un producto difícil de consumir por su firmeza y consistencia, siendo poco práctico, demasiado dulce, al mismo tiempo que su alto valor de azúcar producía cambios en el color después de la cocción que la alejaban de los colores de la materia prima.

En las determinaciones microbiológicas efectuadas no se detectó crecimiento de microorganismos. Los valores de pH y azúcar obtenidos y las altas temperaturas en la cocción, son factores limitantes del desarrollo microbiológico. A partir de los resultados obtenidos, la formulación que se propone es la elaborada con la pulpa del coco por sus resultados en las determinaciones fisicoquímicas y por ser la mermelada con mejores resultados en el análisis sensorial, obteniendo la mayor aceptación entre las tres propuestas.

Palabras clave: Mermelada de coco; Análisis físico-químico; Análisis sensorial; Análisis microbiológico

ALUMNO: SERGIO SORIANO FITA

TUTORA: GABRIELA CLEMENTE POLO

COTUTORA: ANA ISABEL JIMÉNEZ BELENGUER

DIRECTOR EXPERIMENTAL: NELSON KEVIN SINISTERRA SOLIS

Curso académico 2020/2021

Valencia, abril de 2021

## **ABSTRACT**

The coconut tree (*Cocos nucifera*) is the most cultivated palm tree and also the most important in the world. It is the main species used to produce vegetable oils, in addition, it is a primary source of food.

Colombia has a very high production of coconut trees, so the development of products derived from it can represent an economic boost for the country.

The objective of this work is to formulate a product derived from coconut, which can be made in a simple way and whose final result generates acceptance in the population and results in a remarkable way of using coconut trees, which are abundant in the area where they are produced.

The formulated product is a coconut jam. Three formulations were made; one made with pulp and two more with extract (15% and 25% initial sugar). Physicochemical determinations (color, texture, Brix<sup>o</sup>, mechanical properties and pH), microbiological determinations and sensory analysis were carried out by means of a tasting with 20 tasters. At the end of the determinations, the jam with the highest acceptance in the sensory analysis was the one made with pulp, showing in the physicochemical determinations color values close to the initial raw material and a texture that made it practical for consumption. The jam with the least acceptance was the one made with 25% initial sugar, because its values in the physicochemical evaluation and sensory analysis detailed a product that was difficult to consume due to its firmness and consistency, being impractical, too sweet, at the same time as its high the sugar value produced changes in color after cooking that moved it away from the colors of the raw material.

In the microbiological determinations carried out, no growth of microorganisms was detected. The pH and sugar values obtained and the high temperatures during cooking are limiting factors for microbiological development. Based on the results obtained, the proposed formulation is made with coconut pulp due to its results in physicochemical determinations and because it is the jam with the best results in sensory analysis, obtaining the highest acceptance among the three proposals.

Key words: Coconut jam; Physico-chemical analysis; Sensory analysis; Microbiological analysis

ALUMNO: SERGIO SORIANO FITA

TUTORA: GABRIELA CLEMENTE POLO

COTUTORA: ANA ISABEL JIMÉNEZ BELENGUER

DIRECTOR EXPERIMENTAL: NELSON KEVIN SINISTERRA SOLIS

Curso académico 2020/2021

Valencia, abril de 2021

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Universitat Politècnica de València la financiación para desarrollar el TFG a través del proyecto “Evaluación de la sostenibilidad del establecimiento de una fábrica artesana de productos de coco en la subregión de Sanquianga (departamento de Nariño, Colombia)” dentro del Programa ADSIDEO - COOPERACIÓN 2020.

Agradezco a la profesora Isabel Escriche su ayuda en el desarrollo del cuestionario para el análisis sensorial del presente trabajo y al profesor Sebastià Balasch Parisi, su ayuda en el análisis estadístico de los resultados.

Agradezco a las profesoras Gabriela Clemente Polo y Ana Isabel Jiménez Belenguer y al estudiante de doctorado Nelson Kevin Sinisterra Solis, la tutorización del proyecto.

Agradezco a los estudiantes de doctorado y personal del laboratorio del grupo ASPA, el apoyo técnico durante el proyecto.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. OBJETIVO Y PLAN DE TRABAJO</b> .....	4
2.1. Planteamiento inicial.....	4
2.2. Plan de trabajo .....	5
<b>3. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	5
3.1. Materias primas .....	5
3.2. Elaboración de las mermeladas .....	5
3.3. Determinaciones analíticas.....	9
3.3.1 X <sub>w</sub> (HUMEDAD).....	9
3.3.2 Medición del pH.....	10
3.3.3 Color – Propiedades Ópticas .....	10
3.3.4 A <sub>w</sub> – Actividad de agua .....	11
3.3.5 Grados brix – Sólidos solubles .....	11
3.3.6 Propiedades mecánicas .....	11
3.4. Análisis microbiológico .....	11
3.5. Análisis sensorial – Cata .....	13
<b>3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS</b> .....	13
<b>4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	13
4.1 Caracterización de las propiedades fisicoquímicas .....	13
4.2 Caracterización de las propiedades microbiológicas .....	21
4.3 Caracterización de las propiedades sensoriales .....	22
<b>5 CONCLUSIONES</b> .....	27
<b>6 BIBLIOGRAFÍA</b> .....	28
<b>7 ANEXOS</b> .....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Elaboración con pulpa del coco.....	7
<b>Figura 2.</b> Envasado de mermelada de extracto.....	7
<b>Figura 3.</b> Diagrama de flujo de los procesos de elaboración.....	8
<b>Figura 4.</b> Valores de Xw en las formulaciones de la mermelada.....	14
<b>Figura 5.</b> Valores de Aw en las formulaciones de la mermelada.....	15
<b>Figura 6.</b> Valores de grados Brix° en las formulaciones de la mermelada .....	17
<b>Figura 7.</b> Valores de pH en las formulaciones de la mermelada .....	18
<b>Figura 8.</b> Resultados del recuento de microorganismos.....	22
<b>Figura 9.</b> Resultados de la evaluación del color de las mermeladas en la cata ..	23
<b>Figura 10.</b> Resultados de la evaluación del sabor dulce de las mermeladas en la cata .....	24
<b>Figura 11.</b> Resultados de la evaluación del aroma a coco de las mermeladas en la cata .....	25
<b>Figura 12.</b> Resultados de la evaluación de la textura de las mermeladas en la cata.....	25
<b>Figura 13.</b> Resultados de la evaluación de la percepción global de las mermeladas en la cata.....	26

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Formulaciones de mermelada.....	6
<b>Tabla 2.</b> Estimaciones de botes y materia prima (Coco).....	9
<b>Tabla 3.</b> Propiedades mecánicas de la mermelada .....	16
<b>Tabla 4.</b> Análisis de las propiedades ópticas de las formulaciones de mermelada de coco .....	19
<b>Tabla 5.</b> Valores de $\Delta E$ entre las diferentes muestras .....	20
<b>Tabla 6.</b> Resultado del recuento de microorganismos .....	21
<b>Tabla 7.</b> Valores de los parámetros sensoriales de las formulaciones de mermelada, evaluados mediante cata.....	23

# 1. INTRODUCCIÓN

Colombia está en la cuarta posición de grandeza económica de América Latina, después de otros países como Argentina, Brasil y México. La lista de mayores economías internacionales, sitúa a esta nación en una posición muy elevada, quedando entre las 31 mayores del mundo según las investigaciones realizadas por la organización sin ánimo de lucro (Interactive Advertising Bureau,2021).

Estos datos parecen muy positivos, pero dejan de serlo al adentrarse en la situación económica del país, dejando ver que estas posiciones referentes a la economía de Colombia no reflejan la realidad de este país debido a las grandes desigualdades entre sus habitantes. En América latina las desigualdades económicas en la población son muy grandes, siendo Colombia un país más participe en esta situación tan poco equitativa.

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE,2021), el estado actual del país se podía definir como una pobreza multidimensional. Esta pobreza en el año 2018 se pudo cuantificar hasta cifras como un 19,8% (mayor que en años anteriores) referentes a la población de Colombia que estaba adentrada en esta limitada y escasa calidad de vida. Sus habitantes no cumplían indicadores de calidad, en los que se miden servicios como trabajo, sanidad, educación, vivienda y servicios públicos en general.

La mayor parte de la producción del país se exporta a otros países, mientras que importar productos está limitado por la situación descrita anteriormente, ya que el precio de un producto importado se ve incrementado. En este trabajo se va a formular un producto que ayude a esta situación, aprovechando el coco, producto abundante en una zona de Colombia. Este recurso actualmente está muy desaprovechado, dado que muchos se desperdician por su coste de transporte para venderlo (un 20% de la producción total). La finalidad es que pueda ser procesado por la misma zona donde abunda este recurso natural, evitando su desperdicio y al mismo tiempo que tenga una buena aceptación entre los consumidores.

El coco (Cocos nucifera) es una planta de la familia de las Arecaceae, para crecer requiere un clima subtropical, ya que necesita fotoperíodo estable y altas humedades, manteniendo su temperatura alrededor de los 25-30°C y con suelos ligeros. Las zonas que más se adaptan a estas necesidades de crecimiento son las costas asiáticas e intertropicales (Yong WJWH et al, 2009).

Este producto, envuelto con una dura cáscara (exocarpio), presenta grandes propiedades nutricionales, sobre todo en su pulpa o mesocarpio, la cual presenta un color blanco muy característico de este producto y una textura muy fibrosa, concentrando en ésta la mayor parte del aroma. En la parte interna, hay una cámara hueca, en la que el agua de coco permanece protegida del exterior, la cual es muy valorada por sus propiedades.

El coco tiene utilidades múltiples. El agua presente en su interior, tiene un valor calórico de 17,4 kcal/100g. Por otra parte, su perfil de vitaminas es muy bueno,



conteniendo vitamina B, ácido nicotínico B3 (0,64 µg/ml), ácido pantoténico B5 (0,52 µg/ml), biotina (0,02 µg/ml), trazas de tiamina B1 y piridoxina B6. Además de estas magníficas propiedades, este alimento es una buena fuente de azúcares, ácido fólico, aminoácidos libres, enzimas (fosfatasa ácida, deshidrogenasa, diastasa, peroxidasa, catalasa y ARN polimerasas) y por último fitohormonas (DebMandal, Manisha et al 2011).

Por último, no se puede dejar a parte, las propiedades medicinales que puede aportar el producto. El coco presenta propiedades antimicrobianas, esto se pudo confirmar al realizar ensayos como formulaciones de cremas en las que, al usarse en la piel, se liberaron los ingredientes activos del coco y que todos los componentes de la formulación eran compatibles sin interferirse (Oyi et al., 2010). Otro estudio que confirma este papel antimicrobiano, se basó en el efecto contra microorganismos de ácidos grasos libres, monoglicéridos y lípidos (Thormar H, Hilmarsson H et al 2007).

Efectos como antihipertensivo y vasorelaxante, se pudieron observar en ensayos con la aorta torácica de rata aislada y ratas hipertensivas, como el extracto del endocardio producía efectos relajantes en anillos aórticos (Bansal et al 2011).

Para terminar con el listado de extensos beneficios del coco, se deben añadir efectos anticancerígenos, antitrombóticos y preventivos para problemas como arteriosclerosis, colesterol, caries, hongos y diabetes, entre (DebMandal, Manisha et al 2011)

Por lo que hace al desarrollo de productos, actualmente se califica como un proceso muy potente mediante el cual se busca la inclusión de bienes o servicios novedosos en los que se lleven a cabo desarrollos, modificaciones o actualizaciones de los mismos. La finalidad del desarrollo de productos, es satisfacer a las necesidades de la población o en otros casos a los gustos.

Este proceso no hace referencia solo a productos inexistentes o que no existan en el mercado, sino también a productos que se van a comercializar en nuevos mercados, a versiones mejoradas o avanzadas de un producto existente aportando mayores beneficios, a nuevas líneas de producto para un mismo mercado o a productos objeto de reposicionamiento en el que el público cree o entiende que puede satisfacer nuevas necesidades

Según el Real Decreto 670/90 de España, especifica en el punto 2.8: “una mermelada es el producto preparado por cocción de frutas enteras, troceadas, trituradas, tamizadas o no, a las que se han incorporado azúcares hasta conseguir un producto semilíquido o espeso”

A la hora de desarrollar un producto, es necesario determinar una serie de características físico-químicas. Esto permite evaluar las características del producto, y poder determinar en qué medida se han mantenido las características del coco en origen.

La actividad de agua es un parámetro muy importante. Presenta valores entre 0 y 1, la mayoría se encuentran entre valores de 0,2 y 0,99. Este parámetro indica la disponibilidad de agua para el desarrollo de microorganismos, que aumenta cuanto

más cercano a 1 es el valor de la actividad de agua. Un valor bajo indica una baja disponibilidad de agua para el desarrollo de microorganismos, por tanto, con estos valores de  $a_w$  se considera menos perecedera la muestra (Pastor Candela, 2017)

Otro parámetro físico-químico importante es la humedad, debido a que la variación de este valor puede influir en la compresibilidad, cohesividad y fluidez de un alimento. Un valor excesivo de humedad puede ocasionar problemáticas en la industria alimentaria ya que genera procesos de podredumbre (Austin et al., 2013). Esta determinación optimiza en gran medida los procesos de fabricación de productos.

El pH resulta un parámetro muy importante a determinar en alimentos, pues sirve como indicador de alteraciones microbiológicas en el producto, si se observa un cambio en su valor. Los microorganismos crecen en diferentes niveles de pH según su naturaleza taxonómica. Una de las clasificaciones ampliamente usadas en alimentos en cuanto a su nivel de pH es la diferenciación entre alimentos de baja acidez ( $\text{pH} > 4,6$ ), ácidos ( $\text{pH} 3,7-4$ ) y altamente ácidos ( $\text{pH} < 4-3,7$ ). (Jay et al 1992). Las mermeladas, según el Real Decreto 670/90 de España, detallan que los valores de pH deben estar comprendidos entre 3,2 y 4. Otras normativas como las COVENIN detallan valores de 3-3,3 o el U.S Department of Health, Education and Welfare (1969) que las detalla en valores de 3,5-4.

La determinación de los grados Brix, permite conocer la cantidad de azúcar que contiene un alimento o producto. Los grados Brix miden la cantidad de materia seca en disolución, siendo esta materia seca generalmente azúcares. Según el Real Decreto 670/90 de España, para una mermelada, se especifica que su contenido de materia seca soluble debe estar entre el 40% y el 60%.

Otra medida importante para conocer los atributos de un alimento, es el color. Para poder realizar una determinación precisa del color de una muestra, el espacio de color  $L^*a^*b^*$  o más conocido como CIELAB, es uno de los más utilizados. Mediante CIELAB se puede evaluar el color, mediante el valor de  $L^*$ , el cual mide la luminosidad de una muestra. El valor  $a^*$  mide valores entre  $+a$  (colores cercanos al color rojo) y  $-a$  (valores cercanos al verde). Por último, el valor de  $b^*$ , mide valores entre  $+b$  y  $-b$ , en el que  $+b$  indica colores cercanos al amarillo y  $-b$  al color azul. Una vez se obtienen valores con un colorímetro, se puede calcular la tonalidad y la pureza del color. Otro valor muy interesante a calcular es  $\Delta E^*$ , el cual indica diferencia total de color entre dos muestras. Calculando  $\Delta E^*$ , permite discriminar entre dos muestras, valorando si la diferencia de color entre ellas es significativa.

Para conocer más sobre el comportamiento de productos, es muy importante conocer las propiedades mecánicas que este presenta. Las propiedades mecánicas determinan en gran medida el material de envasado, el proceso de producción, la forma de distribución, el consumo, entre otros de los procesos a los que se somete el alimento (Castro Montero, 2007). Mediante estudios de estas propiedades, se pueden obtener valores como la elasticidad, adhesividad, consistencia, representaciones del esfuerzo frente a la deformación que sufren las muestras en los ensayos, etc. La textura de un producto, en gran medida está afectada por las propiedades mecánicas, por lo que su conocimiento es un valor muy importante en

la comparación entre texturas de diferentes muestras o contrastes con análisis sensoriales en los que se evalúa la textura de muestras.

Además de las determinaciones físico-químicas, es necesario realizar determinaciones microbiológicas cuando se desarrolla un producto, para garantizar la seguridad del mismo durante su consumo. En las mermeladas, el proceso térmico y la cantidad de azúcar que contienen, son factores que limitan el crecimiento microbiano. No obstante, es necesario determinar si durante este proceso se inactivan los microorganismos presentes en la materia prima. Así, es importante determinar la presencia de Microorganismos viables Aerobios, Enterobacterias, *E.coli* – Coliformes totales y Mohos y Levaduras. Estos microorganismos podrían estar presentes si existe algún tipo de contaminación del producto. Por las características que presenta la mermelada, podría ser viable su crecimiento. Desde un enfoque basado en el pH de las muestras (siendo el pH un factor influyente en el crecimiento de microorganismos), los mohos y levaduras pueden crecer a pH generalmente ácido al igual que algunas bacterias, aunque su pH de crecimiento óptimo sea en valores generalmente neutros (Cervantes-Martinez et al., 2017).

Por último, antes de lanzar un producto al mercado, es necesario evaluar su aceptación por parte de los potenciales consumidores. Para ello, el análisis sensorial es una herramienta fundamental. La escala hedónica de nueve puntos es una de las escalas más fáciles de comprender por los consumidores (Meiselman & Schutz, H, 2003) mediante la que se pueden evaluar diferentes atributos, extrayendo fácilmente resultados realizando un análisis estadístico de estos.

## **2. OBJETIVO Y PLAN DE TRABAJO**

### **2.1 OBJETIVO**

El objetivo general del presente TFG es desarrollar una mermelada de coco que pueda ser producida artesanalmente mediante un proceso simple, en una zona de Colombia, de manera que sea una alternativa para el desarrollo de la economía de la región.

Este objetivo general se divide en los siguientes objetivos particulares:

- Desarrollar formulaciones del producto
- Determinar los parámetros físico-químicos de las formulaciones
- Determinar los parámetros microbiológicos de las formulaciones
- Realizar un análisis sensorial de las formulaciones

## **2.2 PLAN DE TRABAJO**

Para alcanzar los objetivos del TFG, se plantea el siguiente plan de trabajo:

- Elaboración de mermeladas con diferentes combinaciones de ingredientes: pulpa de coco, agua y azúcar
- Establecimiento de las tres formulaciones a evaluar
- Elaboración de las formulaciones necesarias para los análisis posteriores
- Análisis físico-químico de las distintas formulaciones a través de los parámetros de humedad, pH, color, aw, Brix° y propiedades mecánicas.
- Análisis microbiológico de la materia prima y del producto acabado que garantice la seguridad y la calidad microbiológica.
- Análisis sensorial de las formulaciones

## **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **3.1 MATERIAS PRIMAS**

Para desarrollar el estudio se utilizó el coco como materia prima. Su adquisición fue en un pequeño comercio, cercano a la universidad donde se realizó el trabajo. El origen de la materia prima era de Costa de Marfil.

El tiempo entre el pedido y la recepción era muy escaso ya que se recibían el mismo día, lo que no producía ninguna pérdida de calidad de la materia prima antes del proceso. Esta estaba encajada con veinte cocos en su interior, directamente se almacenaba en una cámara con refrigeración a 5°C para su correcto mantenimiento. Previamente al inicio del proceso se realizó un destrío de los cocos que presentaban signos de deterioro o daño físico. Como edulcorante se escogió el azúcar blanco, por su gran uso en la elaboración de mermeladas.

Como tercera y última materia prima utilizada, estaba el agua, siendo esta potable de la red del laboratorio donde se realizaron los ensayos. La proporción respecto a la cantidad de coco fue 1:1 (gramos de coco:gramos de agua).

### **3.2 ELABORACIÓN DE LAS MERMELADAS**

Se realizaron diferentes ensayos preliminares en los que se utilizaron varias proporciones de los ingredientes, en búsqueda de las formulaciones más apropiadas en base a las características del producto final.

Finalmente, se trabajó con tres formulaciones diferentes: una, utilizando la pulpa del coco (con la finalidad de aprovechar cualidades fisicoquímicas del producto inicial; color, textura, aroma y sabor) y dos formulaciones más en las que se elaboraron las mermeladas sin incluir la pulpa, solo con el extracto (tabla 1). Las elaboraciones presentaron la problemática inicial de no extraer la suficiente

cantidad de componentes del coco que aportaran sabores y aromas asociativos a la materia prima inicial, de modo que se incluyó en el proceso un escaldado en el que al entrar en contacto el coco con el agua caliente, se comprobó que la transferencia de componentes del coco al agua era mayor, aportando a las cualidades organolépticas del producto final, un perfil más cercano al coco en origen. Esto se debe a que el calentamiento dado durante un tiempo, ocasiona rotura de estructuras celulares (membrana citoplasmática), incrementando la permeabilidad, de este modo el agua penetra más en los espacios intercelulares del coco, donde da lugar a extraer gases y otros productos volátiles. Además, ocasiona desnaturalización de las proteínas, al mismo tiempo que existe una pérdida significativa de componentes hidrosolubles como azúcares, vitaminas y minerales (Zeuthen et al., 1984). Este fenómeno permite aportar el aroma y sabor de la materia prima al extracto. Después del escaldado, el proceso puede tomar dos direcciones (Figura 3); para las dos formulaciones con extracto, se realiza un licuado en el que se separa la pulpa del líquido, denominando a este último “extracto”, el cual se junta con el azúcar (15% y 25%) y se realiza la cocción final del producto y envasado (Figura 2). Para el método de producción de la formulación elaborada con pulpa (Figura 1), se realiza un triturado del coco con la mezcla de agua en relación 1:1, finalmente se añade el azúcar, se somete a la cocción y se envasa. Para el envasado en condiciones higiénicas, los botes previamente al llenado, se sometieron a un tratamiento térmico a 100°C durante 5 minutos.

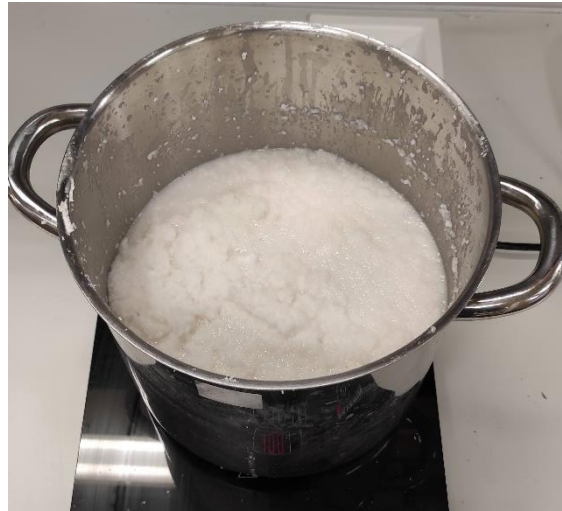
En todos los procesos de este trabajo se realizó un completo aprovechamiento de la materia prima, ya que se hizo una gestión de residuos con la finalidad de no desecharlos y poder dar una buena utilidad a estos.

Después del pelado, la cascara del coco fue cedida al departamento de física, con la finalidad del estudio de sus cualidades acústicas. El segundo residuo, la pulpa del coco, este solo obtenido en la formulación con “extracto”, se destinó al departamento de producción vegetal, con la finalidad de producir compost para aportar a los cultivos, los beneficios nutricionales del coco.

La tabla 1, muestra las diferentes proporciones de ingredientes de cada formulación.

**Tabla 1. Formulaciones de la mermelada**

FORMULACIÓN	COCO	AGUA	AZÚCAR
PULPA	50%	50%	35% (RESPECTO AL COCO)
EXTRACTO	50%	50%	15% (RESPECTO A MEZLCA COCO-AGUA)
	50%	50%	25% (RESPECTO A MEZLCA COCO-AGUA)

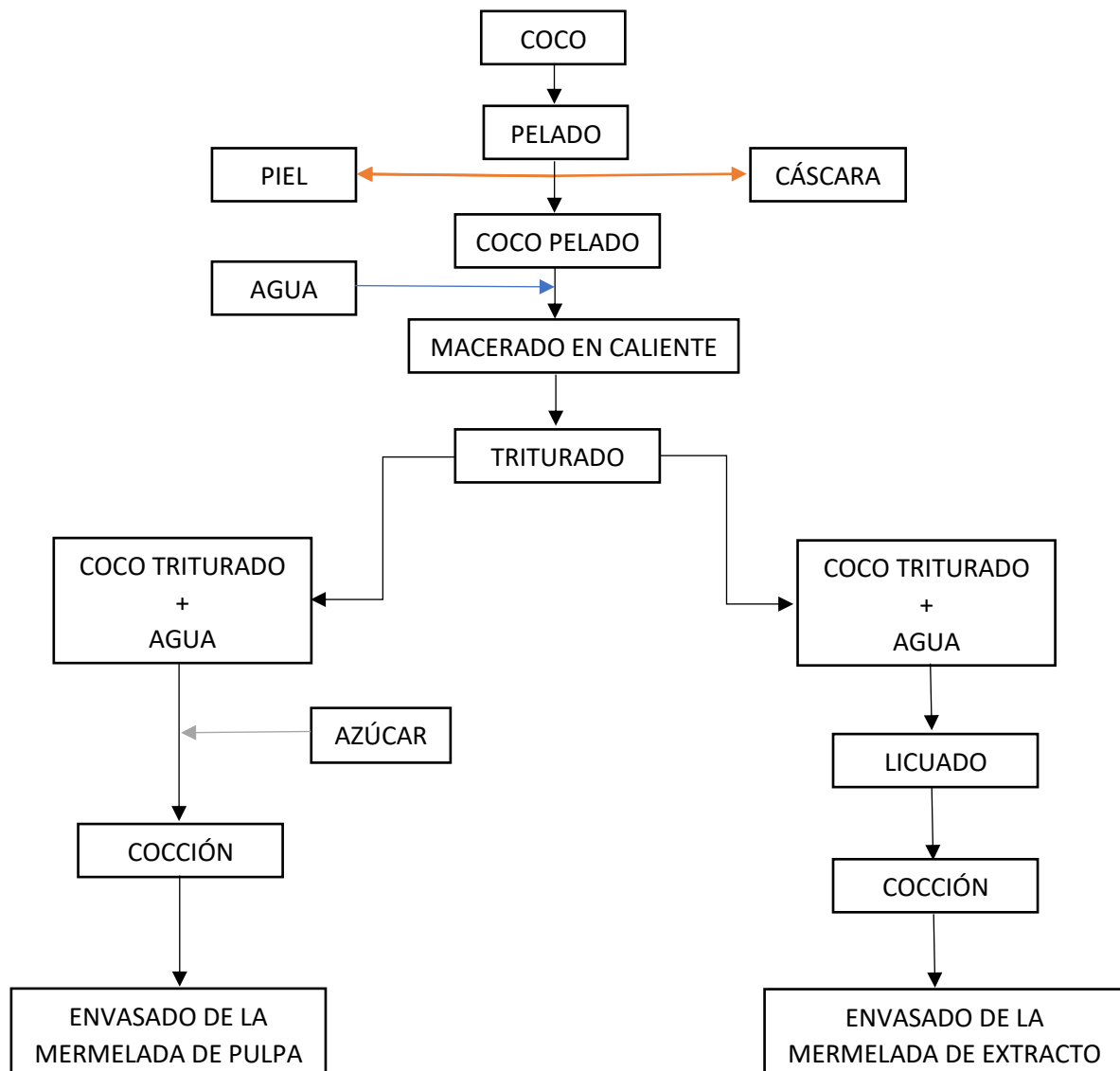


**Figura 1. Elaboración con pulpa del coco**



**Figura 2. Envasado de mermelada de extracto**

La figura 3, muestra el diagrama de flujo con todo el proceso de elaboración de las 3 mermeladas formuladas, englobando las formulaciones del 15% y 25% con el término de “mermelada de extracto” y la mermelada elaborada con la pulpa del coco como “mermelada de pulpa”.



**Figura 3. Diagrama de flujo de los procesos de elaboración**

Para el envasado del producto se adquirieron botes de 1 onza de capacidad de 33mL de la marca “Juvasa”. Antes de empezar con las elaboraciones se hizo un cálculo aproximado para estimar las cantidades de materia prima que se iban a utilizar antes de realizar el pedido, de este modo tener la materia prima en perfectas condiciones con el menor deterioro posible. Del mismo modo, se hizo un cálculo de los botes necesarios para las determinaciones posteriores (cata, determinaciones físico-químicas, determinaciones microbiológicas...).

La cantidad de botes que se obtuvieron de las elaboraciones difería mucho dependiendo de la elaboración a utilizar, debido a que, en la elaboración de la mermelada con pulpa, al contener esta, la cantidad final del producto era mucho más voluminosa, en cambio, la elaboración con el extracto, sufría una alta

evaporación, siendo muy reducida la cantidad de producto final con respecto a la cantidad introducida inicialmente, ya que solo era líquido y azúcar.

La tabla 2 muestra las estimaciones de materia prima y los botes necesarios para los ensayos posteriores:

**Tabla 2. Estimaciones de botes y materia prima (coco)**

MASA PROMEDIO DE COCO POR UNIDAD → 168 gramos			
	MERMELADA PULPA	MERMELADA EXTRACTO 15%	MERMELADA EXTRACTO 25%
BOTES CATA	40	40	40
BOTES ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	2	2	2
BOTES ANÁLISIS FISICOQUÍMICO	10	10	10
COCOS NECESARIOS PARA LLENAR 20 BOTES	4	10	10
COCOS/FORMULACIÓN	11	21	21
BOTES TOTALES	156		
COCOS TOTALES	53		

### 3.3 DETERMINACIONES FÍSICO-QUÍMICAS

Los botes obtenidos después de las elaboraciones, fueron analizados mediante determinaciones fisicoquímicas, en las que se tomaron medidas de humedad, pH, color, aw, °Brix, y propiedades mecánicas.

#### 3.3.1 Xw (HUMEDAD)

Para determinar el contenido en humedad de cada formulación, se utilizó el método que se establece en la norma AOAC 20.103 (1980). Para cada formulación se hizo la medición por cuadruplicado con el fin de tener un resultado más representativo, tomando muestras de botes diferentes de la misma formulación. Estas se colocaron en recipientes y se introdujeron en una estufa a vacío, a temperatura de 60°C y presión constante de 133 mbar, hasta que las muestras alcanzaron un peso constante. Para el cálculo del contenido en agua de cada muestra, se utilizó la ecuación 1:



$$x_w = (M1 - M2) / (M1 - M0) \quad (1)$$

Xw: Cantidad de agua de la muestra. (g)

M0: peso del recipiente sin muestra. (g)

M1: peso del recipiente y la muestra, previamente a ser introducida en la estufa de vacío. (g)

M2: peso del recipiente y la muestra al alcanzar el peso constante. (g)

### 3.3.2 MEDICIÓN DEL PH

La medida del pH con un Ph-metro (VWR, IS 2000 L) se hizo de cada formulación por triplicado, de botes diferentes, para obtener un resultado más representativo. Este se midió a temperatura ambiente (25°C), después de calibrar el equipo con tampones comerciales de pH4, pH7 y pH10.

### 3.3.3 COLOR – PROPIEDADES ÓPTICAS

Para la determinación de las propiedades ópticas de las formulaciones de mermelada de coco, se realizó la medida del color, con un espectrofotómetro CM-2600d – KONICA MINOLTA. La obtención de las coordenadas del espacio de color CIEL\*a\*b\*, se obtienen tras el disparo secuencial de dos destellos de xenón, para SCI y SCE. Estas medidas se realizaron por triplicado, siendo medidas de botes diferentes de cada formulación, siendo así un resultado representativo de las muestras. Por otra parte, se incluyó la materia prima sin procesar, para poder contrastar resultados con los botes elaborados y valorar si la diferencia de color resulta significativa. La medición se efectuó a través de un fino cristal quedando la muestra dentro de él (la misma cantidad en todas las medidas), con fondo blanco. Debido a la medida a través del fino vidrio, se utilizó el valor de SCI. Al utilizar SCI, la luz difusa y la luz especular se incluyen en la medición.

Los valores de a\*, b\* y L\* fueron obtenidos directamente del espectrofotómetro. Los valores de la pureza (C\*) y la tonalidad (h\*) se calcularon mediante la ecuación 2 y la ecuación 3:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (2)$$

$$h^* = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad (3)$$

### **3.3.4 AW - ACTIVIDAD DE AGUA**

La actividad de agua fue medida por triplicado de cada formulación, siendo de diferentes botes cada muestra, con un medidor de actividad de agua Novasina AW Sprint TH 500. Para una mayor fiabilidad y correcto funcionamiento, previamente a las mediciones se calibró el equipo, con patrones comerciales con diferentes actividades de agua establecidas entre 0,04 y 0,98.

### **3.3.5 GRADOS BRUX – SÓLIDOS SOLUBLES**

Para la determinación de los sólidos solubles, se utilizó un refractómetro de mano con rango de 0 a 32 grados brix. Debido a la textura de la muestra de mermelada y su alto contenido en sólidos solubles, se efectuaron diluciones con relaciones 1:10, para poder efectuar una medida que representara un valor comprendido en la escala 0-32 del refractómetro.

### **3.3.6 PROPIEDADES MECÁNICAS**

Para analizar las propiedades mecánicas de las muestras de mermelada de coco, se realizó un ensayo de retro-extrusión con un analizador de la textura (ANAME-Texture Analyser TA-XT2). En este ensayo, se hizo avanzar un émbolo de base plana, de media de 35mm de diámetro, este avanzó a una velocidad de 1 mm/s a lo largo de 15mm de distancia a través de muestras en las que su masa era conocida previamente. Con este ensayo, se obtuvieron curvas en las que se representa la fuerza vs tiempo. Estas curvas permiten el cálculo de los parámetros de la adhesividad, la fuerza máxima, la relación de la viscosidad y la consistencia (se relaciona mediante el área inferior de la curva en el tramo entre fuerzas negativas y positivas) (Cervera, 2015).

## **3.4. DETERMINACIONES MICROBIOLÓGICAS**

Los microorganismos que se determinaron para garantizar su calidad microbiológica en la mermelada fueron viables mesófilos aerobios, Enterobacterias, *E. coli* – Coliformes totales y Mohos y Levaduras.

Para las muestras de las diferentes formulaciones de las mermeladas de coco, se realizó el mismo procedimiento que el citado anteriormente de la materia prima. En este caso, las muestras contaban con dos tratamientos térmicos (escaldado y cocción). Con la finalidad de obtener resultados más representativos y contrastables, de cada formulación se prepararon dos producciones (A y B).

Los medios de cultivo para cada uno de los análisis fueron adquiridos de la casa comercial 3M mediante Bioser. El formato de medio de cultivo escogido fue el Petrifilm 3M. Los medios empleados fueron:

- Placa de recuento de E.coli/coliformes 3M™ Petrifilm™.
- Placa de recuento de levaduras y mohos 3M™ Petrifilm™.
- Placa de recuento de coliformes 3M™ Petrifilm™.
- Placa de recuento de aerobios 3M™ Petrifilm™.

En primer lugar, se analizó la materia prima pelada y lavada, sin ningún contacto con máquinas ni tratamiento térmico, de este modo se pudo evaluar el punto inicial del proceso, conociendo su nivel de microorganismos inicial.

De la materia prima se tomaron 10 gramos, seguidamente se introdujeron en el stomacher (Basic 400ml 220/240 V 50/60 Hz 50 bags, IUL) junto a 90 mL de agua tamponada (Biokar). Una vez la muestra fue homogeneizada, se procedió realizar las diluciones decimales seriadas hasta orden de  $10^{-6}$ , debido a que el nivel de carga microbiana no era conocido. De las diluciones, se inoculó 1mL a los Petrifilms, según instrucciones del fabricante, correspondientes a cada determinación microbiológica. Las siembras se realizaron por duplicado.

Para poder evaluar la evolución del producto, se dejaron en incubación en estufa muestras de cada formulación, para realizar el estudio de envejecimiento acelerado del producto. El envejecimiento acelerado, se realiza incubando las muestras a 37°C durante 3 semanas, lo que simula un almacenamiento equivalente a 6 meses (Castro, 2012).

Las temperaturas y condiciones de incubación para cada microorganismo para el estudio desarrollado fueron:

- Enterobacterias: incubar 24±2 horas a 37±1°C (AOAC Método Oficial de Análisis OMA 2003.01)
- Aerobios AC: Incubar 48 h (± 3 h) a 35 °C (± 1 °C) (AOAC método oficial 990.12)
- Mohos y levaduras: Incubar 48h a 28°C, si no hay crecimiento, dejar en incubación hasta 5 días.
- E.coli – Coliformes, para coliformes: Incubar 24 h ± 2 h a 35 °C ± 1 °C Para E. coli: Incubar 48 h ± 2 h a 35 °C ± 1 °C (AOAC método oficial 991.14)

La lectura de los resultados se realizó contando las colonias presentes en los medios después de la incubación, se hizo la media entre los dos petrifilms correspondientes a la dilución que se hizo el recuento y se multiplicó el número de colonias por el factor de dilución en el que se había inoculado. El resultado se expresó en UFC/g (Unidades Formadoras de Colonia /g).

### **3.5 ANALISIS SENSORIAL**

Para realizar el análisis sensorial del producto se organizó una cata con 20 catadores, a los cuales les gustaba el coco y lo consumían la mayoría de ellos con frecuencia.

Para una mayor representatividad de los resultados, se realizó la cata por duplicado, en el que cada formulación estaba etiquetada con dos códigos diferentes:

Formulación con pulpa: 521 y 139.

Formulación extracto 15% (azúcar): 712 y 450.

Formulación extracto 25% (azúcar): 347 y 644.

Debido a las restricciones derivadas de la pandemia del COVID19 a cada catador se le entregó en cada sesión un lote con las tres formulaciones a evaluar y el cuestionario de cata, para que lo respondieran en su domicilio. En éste se indica la edad del catador, su gusto por el coco y su frecuencia de consumo. Mediante escalas hedónicas los catadores valoraron el dulzor, aroma, color, textura y puntuación global (ANEXO 1).

La finalidad del doble etiquetado para cada formulación, fue entregar las mismas muestras, con diferentes códigos, en semanas diferentes, con la finalidad de determinar si las respuestas del panel de cata eran consistentes.

### **3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS**

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos en las diferentes determinaciones físico-químicas y el análisis sensorial, se utilizó la herramienta Stat Graphics 19.

Se realizó el análisis de la varianza (ANOVA) de los resultados obtenidos.

. El análisis estadístico de los resultados se realizó mediante un ANOVA simple, del mismo modo que se realizó en trabajos de otros autores en los que se utilizaban las escalas hedónicas o evaluaban su utilidad (Claudia Duneska Castañeda Bustillo, 2013).

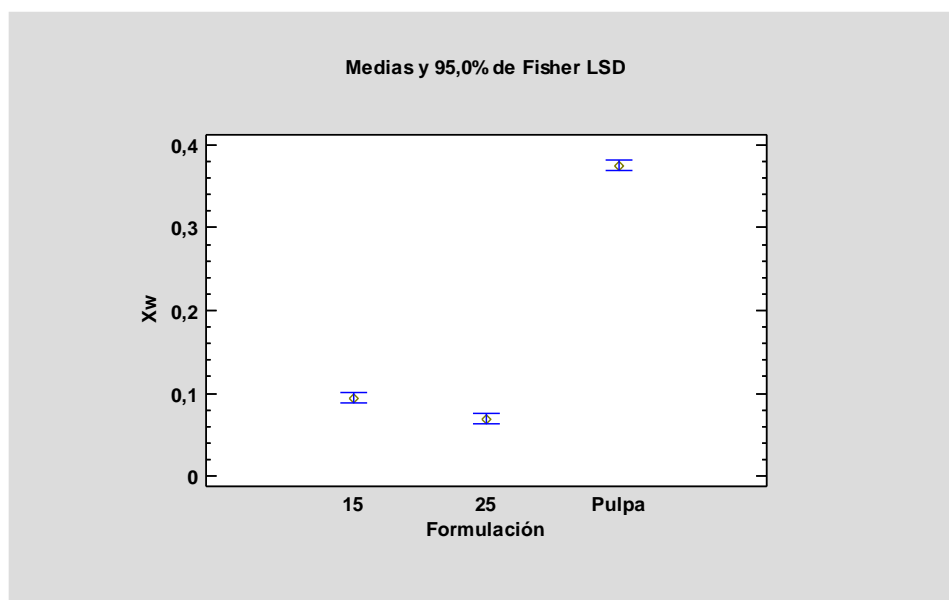
## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS**

A continuación, se detallan los resultados obtenidos en los análisis que se realizaron de los diferentes parámetros físico-químicos (humedad, actividad de agua, grados brix, pH y color), siendo 15 la formulación elaborada con el extracto

con un 15% de azúcar inicial (respecto al peso del extracto), 25 la formulación elaborada con el extracto con un 25% de azúcar inicial (respecto al peso del extracto), y pulpa la formulación elaborada con la pulpa del coco.

La figura 4, muestra los valores obtenidos en las determinaciones de la humedad de las diferentes formulaciones.

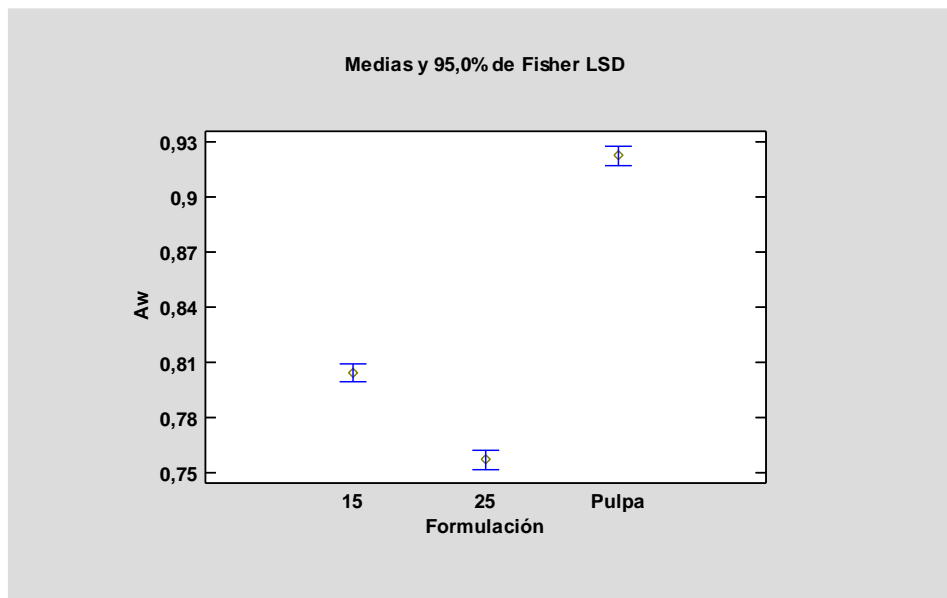


**Figura 4. Valores de  $X_w$  en las formulaciones de la mermelada**

Al obtener los resultados de las diferentes humedades de las muestras, se pudo comprobar estadísticamente, que la diferencia entre los valores de humedad entre las formulaciones, era significativa ( $p < 0,05$ ), rechazando la hipótesis nula.

El mayor incremento en el valor de la humedad, se observó en la formulación que incluye la pulpa del coco. Esto sucedió por la cantidad de fibra alimentaria que contiene la pulpa (10,5g/100g de coco). La fibra dietética, está formada por la fracción de las paredes celulares de las plantas. Esta fibra, presenta propiedades funcionales tecnológicas, como la retención de agua y aceite (Matos Chamorro, 2015) proceso que influyó en el aumento del valor de la humedad. Los valores de humedad de las formulaciones elaboradas con un 15% y 25% de azúcar, son muy bajos, debido a que la cocción evaporó la mayoría del líquido del producto, para alcanzar de este modo, una textura adecuada para la mermelada.

La figura 5, muestra los valores obtenidos en la determinación de la actividad de agua de la mermelada.



**Figura 5. Valores de aw en las formulaciones de la mermelada**

Realizado el análisis estadístico de los datos, resultan significativas las diferencias de los valores de actividad de agua para las diferentes formulaciones ( $p < 0,05$ ).

Los valores más bajos se atribuyen a las formulaciones que contienen un 15% y 25% de azúcar. Las dos formulaciones elaboradas con el extracto, sufrieron una gran pérdida de agua en el proceso de cocción. La pérdida de agua, causó un descenso en el valor de aw. Por otra parte, la proporción de azúcar, al solubilizarse con el agua, causa una depresión en el valor de aw, de este modo, el valor de la formulación del 25% sufrió un descenso mayor, al contener más cantidad de azúcar que la del 15%. La cantidad de azúcar, sumado al valor de la actividad de agua de las formulaciones elaboradas a partir del extracto, son dos factores limitantes del crecimiento de microorganismos en estas mermeladas. De la formulación elaborada con la pulpa del coco, se obtienen valores más elevados, ya que contiene más cantidad de agua, resultando un producto con más disponibilidad para el crecimiento microbiano.

La textura, es un parámetro en el que afecta la actividad de agua. Un valor alto de actividad de agua, se atribuye a texturas blandas y a medida que su valor descende, se obtienen texturas más duras, hasta crujientes en valores bajos (Barrios Rios, 2019). Esto se vio reflejado en los resultados del análisis sensorial de las muestras, en el que los catadores, vieron afectada la textura de la formulación del 25%, atribuyendo una textura endurecida y difícil de consumir (ver 5.3 – resultados análisis sensorial).

La tabla 3, muestra los resultados obtenidos durante los ensayos de las propiedades mecánicas de las muestras.

**Tabla 3. Propiedades mecánicas de la mermelada**

	<b>FIRMEZA</b>	<b>CONSISTENCIA</b>	<b>COHESIVIDAD</b>	<b>INDICE DE VISCOSIDAD</b>
	g	g.sec	g	g.sec
	Fuerza 1	Area F-T 1:2	Fuerza 2	Area F-T 2:3
<b>PULPA</b>	3715,8±811,5 <sup>a</sup>	18089,1±3587,2 <sup>b</sup>	-593,6±381,5 <sup>c</sup>	-53,8±27,2 <sup>d</sup>
<b>15%</b>	1278,62±187,9 <sup>e</sup>	11873,6±2024,9 <sup>f</sup>	-1246,4±339,87 <sup>c</sup>	-925,1±279,7 <sup>g</sup>
<b>25%</b>	4356,41±746,9 <sup>a</sup>	36454,7±7114 <sup>h</sup>	-3508,4±1146,3 <sup>i</sup>	-1934,0±941,5 <sup>j</sup>

\*Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre los valores, con un nivel de confianza del 95%.

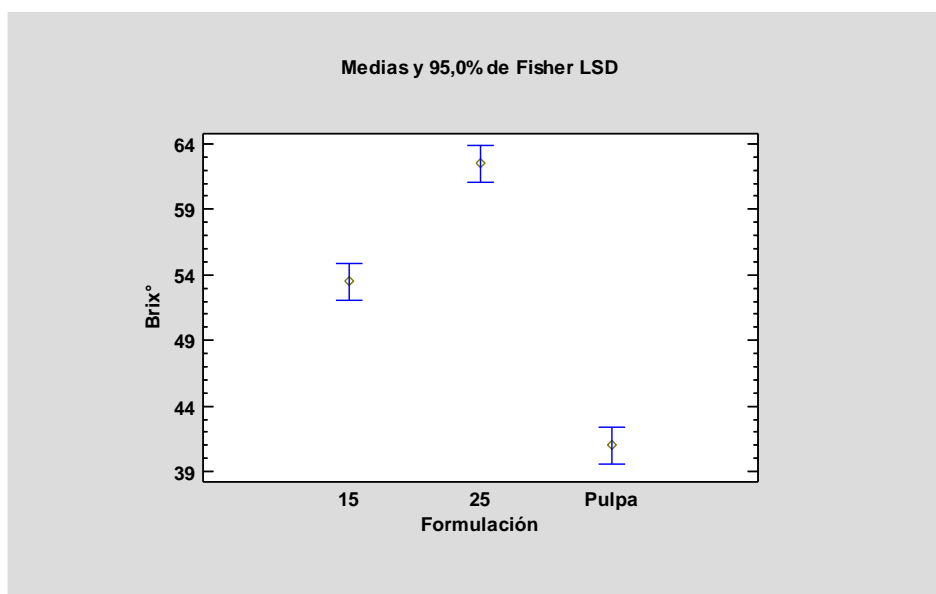
Después de analizar los datos obtenidos en los ensayos de retro-extrusión, se observó en la mayoría de los parámetros evaluados, diferencias significativas entre las tres formulaciones ( $p < 0,05$ ). En la firmeza no se observaron diferencias significativas entre los valores de la formulación con pulpa y la del 25%. Tampoco existieron diferencias significativas entre los valores obtenidos de cohesividad en las formulaciones de la pulpa y el 15%.

El valor de la firmeza, destaca con valores superiores tanto en la mermelada de pulpa como en la del 25%. Este aumento de firmeza es debido a dos factores diferentes, por una parte, en la formulación de la mermelada de pulpa, el aumento de la fuerza necesaria para atravesar la muestra se debe a la presencia de la pulpa, siendo esta fibrosa y aumentando el esfuerzo del embolo para atravesarla. En la formulación del 25% el aumento en el valor de firmeza se debe al aumento de azúcar en su formulación.

En los valores de la consistencia (área positiva de la curva fuerza vs. tiempo) y la adhesividad, es donde se diferencia la influencia de la composición de las formulaciones, ya que la presencia de azúcar aumenta considerablemente estos valores en comparación a la pulpa, provocando una resistencia mayor en la salida del émbolo. Las formulaciones elaboradas con el extracto (15% y 25%), al no contener pulpa del coco, alcanzan valores de viscosidad de las muestras significativamente superiores respecto a la formulación de la pulpa.

El valor superior de cohesividad o pegajosidad y consistencia en la formulación del 25%, es un valor muy perceptible en la valoración de la textura en el análisis sensorial, ya que los catadores perciben una textura demasiado dura y poco práctica para una mermelada (ver 5.3 – resultados análisis sensorial).

La figura 6, muestra los valores obtenidos en la determinación de los grados Brix°.



**Figura 6. Valores de grados Brix° en las formulaciones de la mermelada.**

La cantidad de azúcar, entre las diferentes formulaciones, presenta diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Las diferencias de valores, donde se observa una mayor variación, son en los obtenidos entre la formulación elaborada con pulpa y las elaboradas con el extracto. Esta diferencia se produce por la pérdida de agua en el proceso de la elaboración de las mermeladas, ya que, en las elaboraciones de extracto, concentra la cantidad de azúcar alcanzando valores entre 55-60 Brix°. En la formulación que incluye la pulpa del coco, al contener gran cantidad de fibra siendo esta insoluble, el proceso de cocción, causa evaporación del agua, pero no concentra hasta valores tan altos el azúcar, presentando valores alrededor de 40 Brix°.

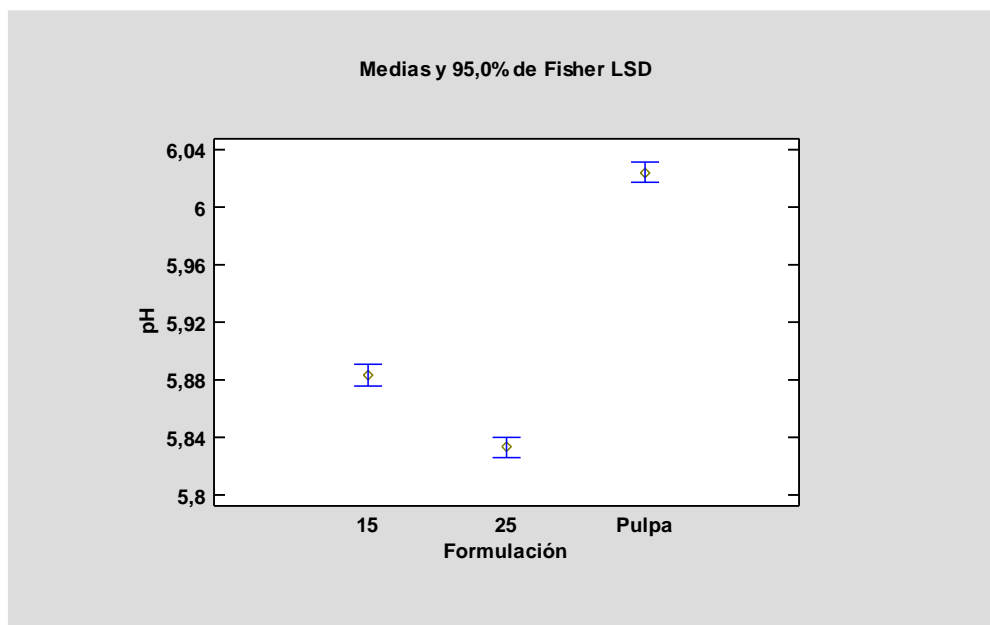
Según el Real Decreto 670/90 de España, para una mermelada, se especifica que su contenido de materia seca soluble debe estar entre el 40% y el 60%. La formulación del 25% de azúcar inicial, alcanza valores ligeramente superiores a la especificación citada según el Real Decreto.

Por otra parte, este valor elevado de azúcar en la formulación, fue en gran medida, percibido por los catadores del análisis sensorial, tanto en el sabor como en la textura (la cual era más consistente por el elevado contenido de azúcar). Los catadores en las respuestas abiertas del cuestionario de cata definían el producto como excesivamente dulce y consistente.

La cantidad de azúcar en las mermeladas, es un factor limitante para el desarrollo de microorganismos, junto a los valores de pH obtenidos en las determinaciones.



La figura 7, muestra los resultados obtenidos en las determinaciones de pH de las mermeladas.



**Figura 7. Valores de pH en las formulaciones de la mermelada.**

El Real Decreto 670/90 de España, especifica que los valores de pH de la mermelada deben estar entre 3,2 y 4. Los resultados obtenidos en las formulaciones, se encuentran fuera de este rango de valores especificados. Hay que destacar, que a las mermeladas se añaden acidificantes como el ácido cítrico para generar un descenso del pH del producto (Fernando Figuerola, 1997), es decir, las mermeladas formuladas, podrían alcanzar los valores de 3,2-4 si se añaden acidificantes.

En las determinaciones, se obtuvieron valores comprendidos entre 5,8-6,1, esto se debe a los valores de pH de sus componentes: azúcar 5-6, coco 6,3 y agua 6,9-7,3 (WAGENINGEN UNIVERSITY, 2021). Con el análisis estadístico de los datos se determinó que las diferencias entre los valores de las formulaciones eran significativas ( $p < 0,05$ ). El valor de la formulación elaborada con pulpa es superior, debido a la retención de agua por la fibra que contiene, siendo el valor de pH más elevado de los componentes, además de la presencia de coco que tiene pH de 6,3. La formulación con menor valor de pH es la del 25%, ya que ha perdido la mayoría del agua y su componente principal es el azúcar, es decir, el componente con valores más bajos.

Los valores de pH de las formulaciones, ligeramente ácido, es un factor limitante en el desarrollo de microorganismos. Este factor, sumado a su contenido en azúcar y el efecto térmico en la cocción, limitan el crecimiento microbiano (ver tabla 6).

La tabla 4, muestra los valores obtenidos en la determinación de las propiedades ópticas de las mermeladas.

**Tabla 4. Análisis de las propiedades ópticas de las formulaciones de mermelada de coco.**

FORMULACIÓN	L*	a*	b*	PUREZA (C*)	TONO (h*)
MATERIA PRIMA	79,08±0,49 <sup>a</sup>	-2,01±0,03 <sup>b</sup>	3,58±0,2 <sup>c</sup>	4,11±0,17 <sup>d</sup>	119,33±1,56 <sup>e</sup>
PULPA	62,69±0,8 <sup>f</sup>	-3,22±0,03 <sup>g</sup>	-0,38±0,31 <sup>h</sup>	3,25±0,07 <sup>i</sup>	186,66±5,36 <sup>j</sup>
15%	55,97±0,52 <sup>k</sup>	-2,77±0,06 <sup>l</sup>	2,39±0,36 <sup>m</sup>	3,67±0,19 <sup>n</sup>	139,42±4,88 <sup>o</sup>
25%	36,57±0,36 <sup>p</sup>	-1,67±0,09 <sup>q</sup>	11,27±0,32 <sup>r</sup>	11,39±0,3 <sup>s</sup>	98,43±0,65 <sup>t</sup>

\*Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre los valores, con un nivel de confianza del 95%.

Después del análisis de los datos obtenidos referentes a los diferentes parámetros del color de las mermeladas, se consideran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) las existentes entre las diferentes formulaciones entre sí y la materia prima inicial.

El valor de L\*, presentó un valor superior en la medición de la materia prima sin procesar. Dentro de las formulaciones, el valor de L\* era bastante inferior, esto se debe al pardeamiento no enzimático que sufren las elaboraciones. Durante el proceso de cocción, favorecido por un medio ligeramente ácido, tienen lugar procesos de pardeamiento no enzimático.

Debido al pardeamiento, las diferentes formulaciones de mermelada, sufrieron un oscurecimiento. En las formulaciones elaboradas con extracto, el componente principal era azúcar, con lo que el pardeamiento era directamente proporcional a la cantidad de azúcar de las muestras, obteniendo en la formulación del 25% los valores más bajos.

El valor de L\*, cuanto más cercano a 100 sea su valor, más luminoso será el producto y cuando más cercano a 0, será más oscuro. Con este concepto, podemos afirmar que la cantidad de azúcar influye directamente en el oscurecimiento de la mermelada (a mayor cantidad de azúcar, más oscura la muestra procesada) siendo la del 25% la más oscura de todas.

En lo referente a los valores de  $a^*$  y  $b^*$ , la materia prima inicial, presenta una pequeña tendencia hacia colores amarillos ( $b^{*+}$ ) y ligeramente verdosos ( $a^{*-}$ ). Una vez las mermeladas han sufrido el proceso de cocción, la influencia de las altas temperaturas desencadena los procesos de pardeamiento no enzimático. A medida que aumenta la cantidad de azúcar, las mermeladas tienden hacia valores más altos de  $b^*$  (tendencia a colores amarillos) y a valores menores de  $a^*$ , es decir, se va generando un viraje de la tendencia de colores verdosos a colores rojizos.

La pureza de color ( $C^*$ ), mide la saturación, o croma de un color, siendo medida desde el punto central del espacio de color (Talens Oliag, 2017). En las mermeladas, se observa un aumento de la saturación, a medida que el valor de  $^{\circ}\text{Brix}$  es mayor en las muestras.

Por último, la tonalidad ( $h^*$ ), la cual mide la orientación relativa del color respecto al origen (se define origen a la posición  $b^*=0$  y  $a^*$  positiva). Al realizar la corrección de cuadrantes, se obtuvieron valores que descienden el grado de orientación, a medida que contiene más azúcar la formulación.

La tabla 5, muestra los valores de  $\Delta E$  entre los colores de las diferentes muestras.

**Tabla 5. Valores de  $\Delta E$  entre las diferentes muestras.**

$\Delta E$ (M.P-PULPA)	16,38
$\Delta E$ (M.P-15%)	23,15
$\Delta E$ (PULPA-15%)	7,78
$\Delta E$ (PULPA-25%)	29,13
$\Delta E$ (M.P-25%)	43,20
$\Delta E$ (15%-25%)	21,37

Como refleja la tabla 5, las diferencias de color entre las coordenadas  $L^*a^*b^*$  de las muestras, son superiores a 5 unidades. 5 es el valor a partir del cual, valores superiores, se consideran diferencias significativas de color.

En el análisis sensorial, los catadores percibieron fácilmente estas diferencias de color entre las mermeladas, siendo estas fáciles de discriminar (ver 5.3 – resultados análisis sensorial).

## 4.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS

La tabla 6, muestra los resultados obtenidos en el análisis de microorganismos.

**Tabla 6. Resultados del recuento de microorganismos.**

		<i>E. COLI</i> - COLIFORMES	ENTEROBACTERIAS	AEROBIOS	MOHOS Y LEVADURAS
MATERIA PRIMA	A	-	90 UFC/g	50000 UFC/g	300 UFC/g
	B	-	120 UFC/g	40000 UFC/g	300 UFC/g
PULPA	A	-	<10 <sup>2</sup>	<10 <sup>3</sup>	<10 <sup>3</sup>
	B	-	<10 <sup>2</sup>	<10 <sup>3</sup>	<10 <sup>3</sup>
15%	A	-	<10 <sup>2</sup>	<10 <sup>3</sup>	<10 <sup>3</sup>
	B	-	<10 <sup>2</sup>	<10 <sup>3</sup>	<10 <sup>3</sup>
25%	A	-	<10 <sup>2</sup>	<10 <sup>3</sup>	<10 <sup>3</sup>
	B	-	<10 <sup>2</sup>	<10 <sup>3</sup>	<10 <sup>3</sup>
Límite máximo		-	1x10 <sup>2</sup> UFC/g	1x10 <sup>3</sup> UFC/g	1x10 <sup>3</sup> UFC/g

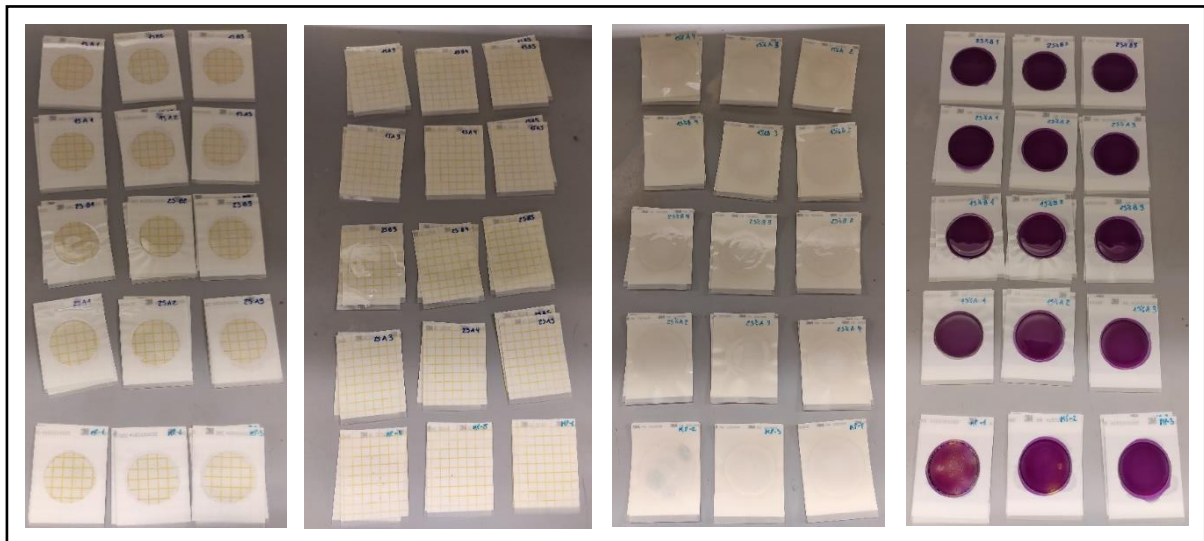
Los valores tomados como referencia en el recuento de microorganismos, fueron los límites que se establecen en la Norma Sanitaria que Establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano. Como la legislación actual no determina parámetros para este tipo de productos, se tomaron los valores de las Semiconservas de pH>4,6, tal y como se realizó en las determinaciones microbiológicas de otros estudios de productos similares, como las determinaciones microbiológicas en mermeladas de fresa formuladas con polvo de piel de mandarina (Arguero Aulestia, 2018).

Al realizar el recuento de microorganismos en las diferentes formulaciones, no se observó crecimiento en ninguna de las mermeladas elaboradas a tiempo=0 (al terminar la cocción). En las muestras de la materia prima inicial existía crecimiento de microorganismos, en el caso de los aerobios y los mohos-levaduras, superaban los límites máximos establecidos.

En las formulaciones de mermelada, las altas temperaturas en el proceso ocasionan la muerte de los microorganismos, entrando dentro del rango de valores aceptables para la comercialización del producto. El tratamiento térmico permite eliminar microorganismos e inactivar enzimas que pudiesen alterar el producto (Lespinard, 2010), haciéndolo inapropiado para realizar el análisis sensorial y para su comercialización y consumo. Factores como la actividad de agua o la cantidad

de azúcar que contienen las muestras, limitan el crecimiento de los microorganismos en las muestras. El alto valor de actividad de agua de la formulación elaborada con pulpa, indica una gran disponibilidad de agua para el crecimiento de microorganismos, debido a esto, se debería hacer un proceso de maduración acelerada, en el que se hicieran determinaciones microbiológicas al final del proceso, comprobando de este modo si es necesario o no, un tratamiento térmico para comercializarlo y consumirlo de forma segura.

La figura 8, muestra los Petrifilms en los que se hizo el recuento de microorganismos, siendo visible que solo existe crecimiento en los presentes en la parte inferior, siendo estos los que contenían inoculada la muestra de materia prima inicial.



**Figura 8. Resultados del recuento de microorganismos.**

### **4.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES SENSORIALES**

Al obtener los cuestionarios de cata de los 20 catadores, se compararon los valores obtenidos de cada formulación en las dos repeticiones realizadas con distintos códigos. Al realizar el análisis estadístico de los resultados, no se obtuvieron diferencias significativas entre los dos códigos de cada formulación elaborada (tabla 7)

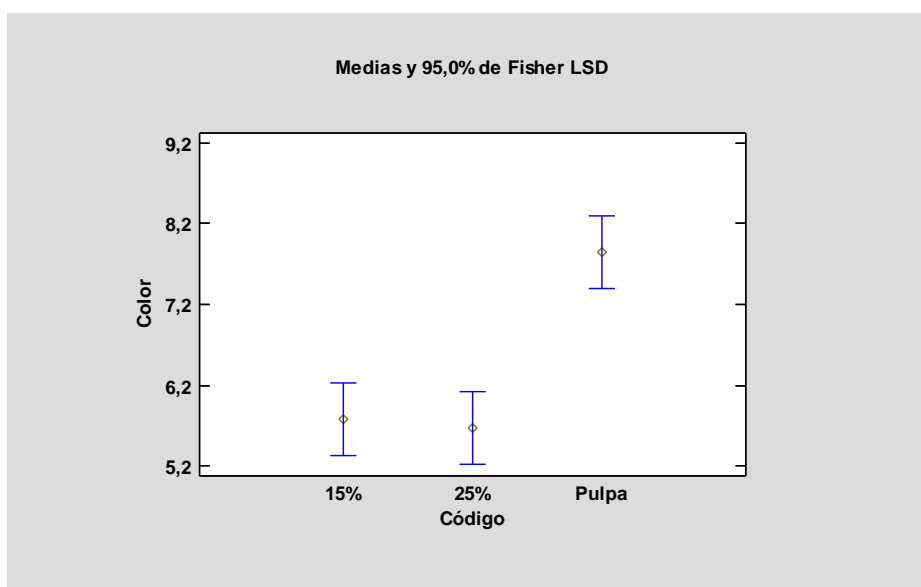
**Tabla 7. Valores de los parámetros sensoriales de las formulaciones de mermelada, evaluados mediante cata.**

	Código	Color	Sabor dulce	Aroma a Coco	Textura	Percepción Global
Pulpa	139	8,05 ± 1,43 <sup>a</sup>	6,5 ± 2,56 <sup>b</sup>	6 ± 2,27 <sup>c</sup>	6,9 ± 2,05 <sup>d</sup>	3,85 ± 1,14 <sup>e</sup>
	521	7,65 ± 1,92 <sup>a</sup>	7,6 ± 1,43 <sup>b</sup>	7,05 ± 2,06 <sup>c</sup>	7 ± 2,51 <sup>d</sup>	3,95 ± 1,05 <sup>e</sup>
15%	450	6,25 ± 1,65 <sup>f</sup>	6,55 ± 2,06 <sup>b</sup>	6,6 ± 2,09 <sup>c</sup>	7 ± 2,05 <sup>d</sup>	3,65 ± 1,04 <sup>e</sup>
	712	5,3 ± 2,51 <sup>f</sup>	6,7 ± 1,75 <sup>b</sup>	6,55 ± 1,85 <sup>c</sup>	6,4 ± 2,3 <sup>d</sup>	3,45 ± 1,15 <sup>e</sup>
25%	347	5,6 ± 2,23 <sup>f</sup>	6,8 ± 2,04 <sup>b</sup>	6,1 ± 2,1 <sup>c</sup>	3,55 ± 2,3 <sup>g</sup>	2,7 ± 1,3 <sup>h</sup>
	644	5,75 ± 2,29 <sup>f</sup>	5,85 ± 1,69 <sup>b</sup>	5,9 ± 2,4 <sup>c</sup>	3,5 ± 2,54 <sup>g</sup>	2,55 ± 1,15 <sup>h</sup>

\*Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre los valores, con un nivel de confianza del 95%.

Al no obtener diferencias significativas entre los resultados de las muestras duplicadas de cada formulación, se procedió a realizar el análisis de medias de resultados de cada parámetro con los 40 datos (20 de cada código).

La figura 9, muestra los resultados obtenidos en la cata, evaluando el color de las mermeladas.

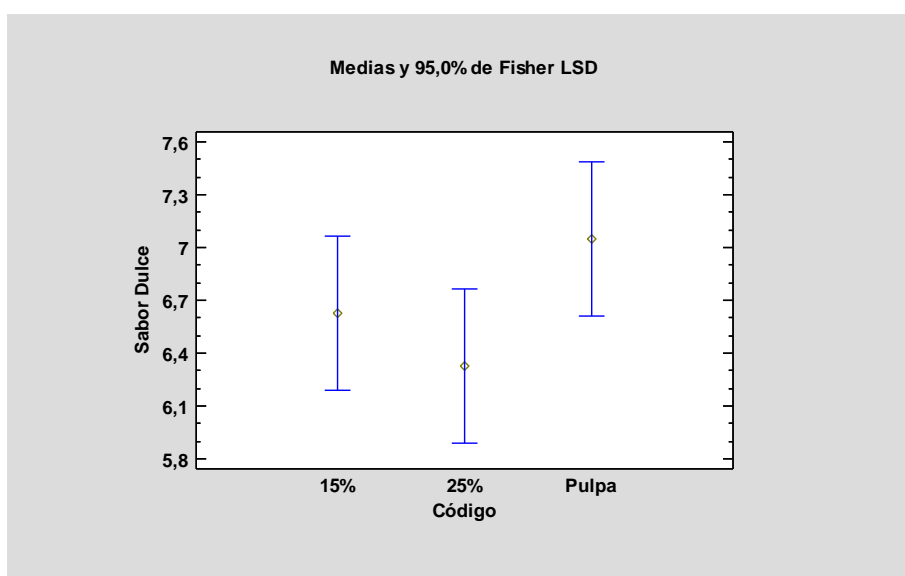


**Figura 9. Resultados de la evaluación del color de las mermeladas en la cata.**

Al obtener los resultados de la evaluación del color de las mermeladas, la mermelada con pulpa presentó diferencias significativas respecto a las formulaciones elaboradas con el extracto. El color de la mermelada elaborada con la pulpa fue valorado con una mayor afinidad en relación a la materia prima en

origen. En las determinaciones fisicoquímicas ya se comprobó que existían diferencias de color. Las mermeladas del 15% y 25% se diferencian más del color blanco característico del coco debido al pardeamiento que sufren por su alta concentración de azúcar y las altas temperaturas durante la cocción. Las diferencias entre la formulación del 15% y 25% no fueron significativas según la evaluación de los catadores.

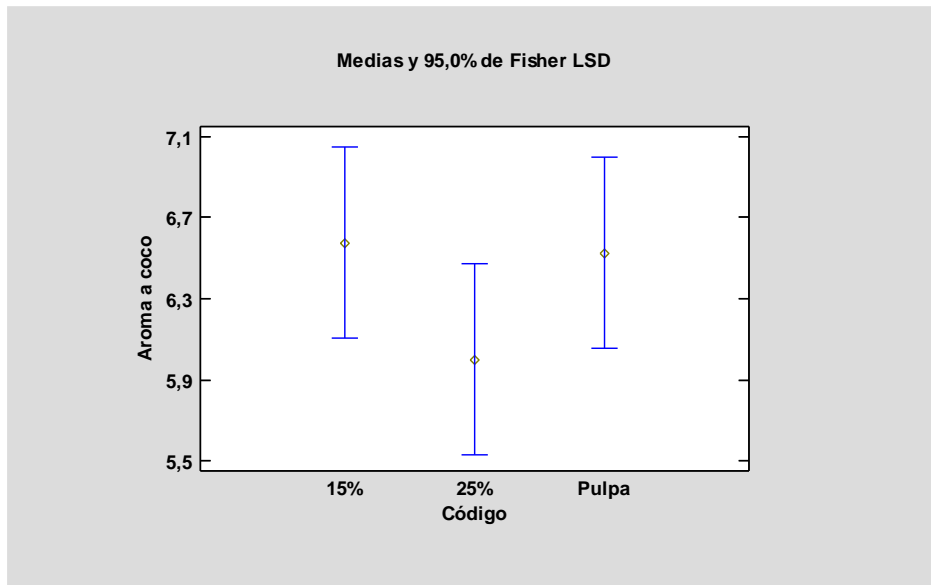
La figura 10, muestra los valores obtenidos en la cata, evaluando el sabor dulce de las mermeladas.



**Figura 10. Resultados de la evaluación del sabor dulce de las mermeladas en la cata.**

Los resultados obtenidos en la evaluación del sabor dulce de las mermeladas, no presentaron diferencias significativas entre ellos ( $p > 0,05$ ). Los catadores no mostraron una tendencia significativa en el sabor dulce, destacando en las respuestas abiertas del cuestionario, que el sabor dulce estaba muy presente en todas las muestras. En las muestras elaboradas a partir del extracto, la concentración final de azúcar después de la evaporación de gran parte del agua, hace que el producto final resulte muy dulce, siendo este mayoritariamente azúcar. En la mermelada elaborada con pulpa, las altas temperaturas (mayores a  $75^{\circ}\text{C}$ ) durante la cocción generan una alta volatilización, generando pérdidas en las cualidades organolépticas del producto final, como se observó en estudios de otros autores en los que se producían pérdidas de compuestos volátiles durante los tratamientos térmicos (Prieto Mora, 2018). En la mermelada de pulpa, las pérdidas por volatilización redujeron el sabor a coco, obteniendo como resultado una alta percepción en el sabor a azúcar por los catadores encuestados.

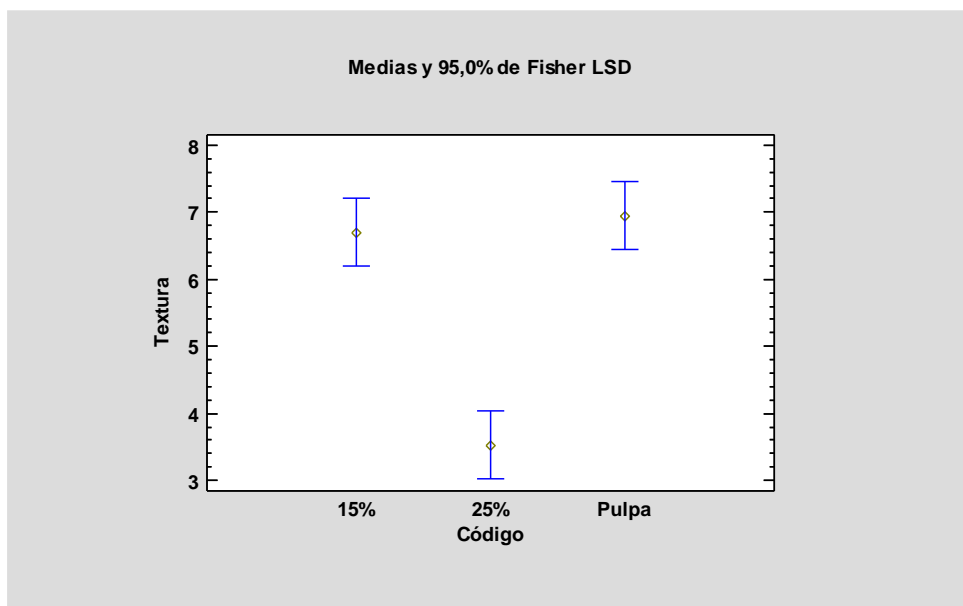
La figura 11, muestra los valores obtenidos en la cata, evaluando el aroma a coco de las mermeladas.



**Figura 11. Resultados de la evaluación del aroma a coco de las mermeladas en la cata.**

El resultado en la evaluación del aroma a coco en las muestras de las tres formulaciones, muestra valores que no son significativamente diferentes entre ellos ( $p > 0,05$ ). Durante el proceso térmico que sufrió en la cocción, se produce una pérdida de los compuestos volátiles del coco, afectando de este modo a las cualidades organolépticas del producto final. En las opciones de libre respuesta en el cuestionario de cata, los catadores percibían un ligero aroma a coco pero ninguna formulación fue destacada por el aroma.

La figura 12, muestra los valores obtenidos en la cata, evaluando el aroma a coco de las mermeladas.



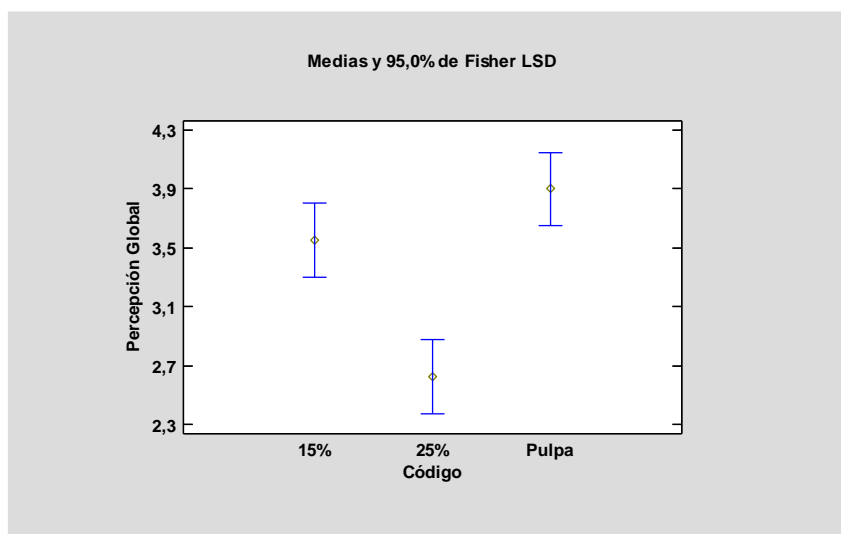
**Figura 12. Resultados de la evaluación de la textura de las mermeladas en la cata.**



Los valores obtenidos en la evaluación de la textura muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre la formulación del 25% y las del 15% y pulpa. La mermelada del 25% fue evaluada con valores más bajos. En las cuestiones de libre respuesta del cuestionario, se comprobó que el bajo valor en la puntuación de la mermelada del 25% fue otorgado por los catadores por su poca practicidad como mermelada, debido a su firmeza y consistencia a temperatura ambiente, que dificultaba su consumo.

En las determinaciones fisicoquímicas se pudo comprobar como la muestra del 25% presentaba valores muy elevados en los parámetros de sus propiedades mecánicas. La dureza y consistencia que presenta la formulación del 25% la causa su alta concentración de azúcar al perder la mayoría de agua durante la cocción. La alta concentración de azúcar genera un producto que a temperatura ambiente es muy duro, causando poca aceptación en los consumidores, que además destacan su poca practicidad como mermelada. Las puntuaciones referentes a la mermelada de pulpa y del 15% muestran una buena aceptación de su textura, siendo esta más práctica y fácil de consumir.

La figura 13, muestra los valores obtenidos en la cata, evaluando la percepción global de las mermeladas.



**Figura 13. Resultados de la evaluación de la percepción global de las mermeladas en la cata.**

En la percepción global de los catadores, se presentaban diferencias significativas entre la mermelada del 25% y las del 15% y pulpa ( $p < 0,05$ ). La mermelada del 25% no obtuvo buenas calificaciones generales, como se comprobó también en las determinaciones de los parámetros fisicoquímicos, presentando texturas con alta firmeza y consistencia, colores alejados de la materia prima en origen y sabores muy marcados y evidentes del alto nivel de azúcar que contiene. Las mermeladas del 15% y la elaborada con pulpa obtuvieron un resultado en su evaluación similar, siendo estas dos según las cuestiones de libre respuesta de los catadores, dos productos prácticos y agradables de consumir.

## 5. CONCLUSIONES

La mermelada elaborada con la pulpa del coco, presentó la mejor aceptación en el análisis sensorial realizado en la cata. El buen resultado obtenido en los cuestionarios de cata, concuerda con los resultados realizados en las determinaciones fisicoquímicas, siendo un producto que, por su menor concentración de azúcar en el producto final evita texturas duras y excesivamente consistentes, además evita un cambio de color tan elevado como sucede en las mermeladas realizadas con el extracto, siendo el color final de la mermelada con pulpa muy parecido al color de la materia prima en origen. El resultado de la mermelada con pulpa es un producto práctico, dulce y más parecido al coco dulce.

La mermelada elaborada con un 15% también es un producto con buena aceptación en los consumidores. Su concentración en azúcar aleja levemente a los colores de la mermelada de los del coco en origen, por el pardeamiento durante la cocción, pero no de forma tan drástica como sucede en la mermelada del 25% en la que se acerca a colores amarillos. La textura es más consistente y viscosa que la elaborada con pulpa, pero genera buena aceptación en los resultados del análisis sensorial. La formulación del 25%, al igual que se observó en sus propiedades mecánicas que presentan alta firmeza y consistencia, por su alto contenido en azúcar y por la diferencia de color con respecto al coco en origen; no genera buenos resultados en el análisis sensorial, en el que los catadores destacaban esta formulación por su poca practicidad y su poca semejanza al coco en origen.

Por los factores limitantes del crecimiento microbiano como la cantidad de azúcar, los valores de actividad de agua, las elevadas temperaturas en que se sometieron las mermeladas durante la cocción y una manipulación higiénica durante el procesado, hacen que el producto sea seguro para su consumo y comercialización.

El análisis microbiológico determinó que después del tratamiento térmico y el proceso de elaboración no hubiera crecimiento observable en los medios estudiados reduciéndose en todos los casos desde los valores iniciales de la materia prima. Cualquiera de las formulaciones estudiadas cumple la normativa microbiológica lo que hace de estos productos seguros para su consumo.

A partir de los resultados obtenidos, la formulación que se propone es la elaborada con la pulpa del coco, por sus resultados en las determinaciones fisicoquímicas y por ser la mermelada con mejores resultados en el análisis sensorial, obteniendo la mayor aceptación entre las tres propuestas.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Arguero Aulestia, E. J. (2018). Propiedades físicoquímicas y estabilidad microbiológica de mermeladas de fresa formuladas con polvo de piel mandarina empleado como ingrediente funcional y sostenible; 18-19. Universitat Politècnica de Valencia.
- Austin, J., Rodriguez, S., Pei-Fang, S., & Harris, M. (2013). Utilizing microwaves for the determination of moisture content independent of density; 236:17-23.
- Bansal, P., Nayak, P. G., Talwar, S., Nandakumar, K., Mudgal, J., Mor, V., Chamallamudi Mallikarjuna, R., & Lobo, R. (2011). Anti-inflammatory activity of Terminalia paniculata bark extract against acute and chronic inflammation in rats; 134(2):323-8.
- Barrios Rios, F. A. (2019). ANÁLISIS DE ACTIVIDAD DE AGUA EN ALIMENTOS; 51-52.
- Castro, E. (2012). Apuntes sobre envejecimiento acelerado en la industria de las conservas.
- Castro Montero, E. (2007). Parámetros mecánicos y textura de los alimentos; 14-15.
- Cervantes-Martinez, J., Orihuela, R., & Rutiaga-Quiñones, J. G. (2017). On the Development and Control of Microorganisms in the Paper Manufacture; 55.
- Cervera, L. (2015). Evaluación del impacto de la sustitución parcial de azúcar blanco por azúcar de caña no refinado en mermeladas con propiedades antioxidantes mejoradas; 29-35. Universitat Politècnica de Valencia.
- Claudia Duneska Castañeda Bustillo. (2013). Comparación de la escala hedónica de nueve puntos con la escala hedónica general de magnitud (gLMS) utilizada por personas de dos regiones de América Latina.
- DANE (2018). Índice de Pobreza Multidimensional. Fecha de consulta 03/05/2020
- Fernando Figuerola. (1997). Procesamiento a pequeña escala de frutas y hortalizas amazónicas nativas e introducidas.
- Interactive Advertising Bureau (2021). En línea de: <https://www.iabcolombia.com/>. Fecha de consulta 15/03/2021.
- Lespinard, A. R. (2010). Simulación y optimización del tratamiento térmico de alimentos envasados en recipientes de vidrio; 6-8.

Manisha DebMandal, & Mandal, S. (2011). Coconut (*Cocos nucifera* L.: Arecaceae): In health promotion and disease prevention; 242.

Matos Chamorro, R. A. (2015). Importancia de la Fibra Dietética, sus Propiedades Funcionales en la Alimentación Humana y en la Industria Alimentaria.

Meiselman, H., & Schutz, H. (2003). History of food acceptance research in the US; 40:199-216.

Norma COVENIN. En línea de:

<http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1315-79.pdf>. Fecha de consulta 12/02/2021

Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. (2003). Frutas, hortalizas, frutos secos y similares. En línea, de: [www.digesa.minsa.gob.pe/norma\\_consulta/Proy\\_RM615-2003.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Proy_RM615-2003.pdf)

Oyi, A. R., Onaolapo, Josiah. A., & Obi, R. C. (2010). Formulation and Antimicrobial Studies of Coconut (*Cocos nucifera* Linne) Oil; 2(2):132-137.

Pastor Candela, J. R. (2017). Estudio de vida útil en alimentos: Pipas de calabaza y quinoa;10-11.

Prieto Mora, J (2018). evaluación del perfil de compuestos volátiles de guanábana (*annona muricata* L.) para el desarrollo de bases aromáticas con aplicación en la industria de alimentos; (3):51.

Real Decreto 670/1990, de 25 de mayo, por el que se aprueba la norma de calidad para confituras, jaleas y marmalade de frutas, crema de castañas y mermelada de frutas; 130:15140 a 15144.

Talens Oliag, P. (2017). Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB.

Thormar H, Hilmarsson H. (2007). The role of microbicidal lipids in host defense against pathogens and their potential as therapeutic agents. *Chem Phy lipids*; 150(1): 1-11.

WAGENINGEN UNIVERSITY, Food-Info. En línea de: <http://www.food-info.net/es/qa/qa-fp65.htm>. Fecha de consulta: 07/04/2021

Yong WJWH, et al. (2009) The chemical composition and biological properties of coconut (*Cocos nucifera* L.). *Molecules*; 14: 5144-5164

Zeuthen, P., Cheftel, J. C., Eriksson, C., Jul, M., Leniger, H., & Linko, P. (1984). Thermal processing and quality of foods.

## 7. ANEXOS

### ANEXO 1. Formulario de cata

#### CATA MERMELADA DE COCO

Edad:

¿Te gusta el coco?

¿Eres consumidor habitual de coco y productos de coco?

A continuación, debes responder a una serie de preguntas, fijándote en cada una de ellas en el atributo señalado.

1. ¿Cuánto te gusta el producto en relación a su color? Siendo 1 no me gusta y 9 me gusta mucho.

Muestra 347:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Muestra 521:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Muestra 712:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

2. ¿Cuánto te gusta el producto en relación a su sabor dulce? Siendo 1 no me gusta y 9 me gusta mucho.

Muestra 347:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Muestra 521:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Muestra 712:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

3. ¿Cuánto te gusta el producto en relación a su aroma a coco? Siendo 1 no me gusta y 9 me gusta mucho.

Muestra 347:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Muestra 521:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Muestra 712:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

4. ¿Cuánto te gusta el producto en relación a su textura? Siendo 1 no me gusta y 9 me gusta mucho.

Muestra 347:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Muestra 521:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Muestra 712:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

5. ¿Considerando la percepción global del producto ¿qué puntuación le pondrías?

Muestra 347:

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Cuál ha sido el motivo de tu valoración en relación a la percepción global de esta muestra?

Muestra 521:

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Cuál ha sido el motivo de tu valoración en relación a la percepción global de esta muestra?

Muestra 712:

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

¿Cuál ha sido el motivo de tu valoración en relación a la percepción global de esta muestra?