



Juan Pedro Farceque Santos, Janet del Milagro Zúñiga Trelles,  
William Nemesio Chunga

# LA TUNA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

*Una experiencia de transformación en mermelada  
con panela orgánica*



Juan Pedro Farceque Santos, Janet del Milagro Zúñiga Trelles,  
William Nemesio Chunga

## **La tuna en la industria alimentaria**

*Una experiencia de transformación en  
mermelada con panela orgánica*

**Religación Press**  
*[Ideas desde el Sur Global]*

*Prickly pear in the food industry.  
A experience of transformation into jam with organic panela*

*A tuna na indústria alimentícia.  
Uma experiência de transformação em geleia com panela  
orgânica*

# Religación Press

*[Ideas desde el Sur Global]*

## **Equipo Editorial**

Editorial team

Ana B. Benalcázar

Editora Jefe / Editor in Chief

Felipe Carrión

Director de Comunicación / Scientific Communication Director

Melissa Díaz

Coordinadora Editorial / Editorial Coordinator

Sarahí Licango Rojas

Asistente Editorial / Editorial Assistant

## **Consejo Editorial**

Editorial Board

Jean-Arsène Yao

Dilrabo Keldiyorovna Bakhronova

Fabiana Parra

Mateus Gamba Torres

Siti Mistima Maat

Nikoleta Zampaki

Silvina Sosa

Victor Ancajima Miñán

.....

**Religación Press**, es parte del fondo editorial del Centro de Investigaciones  
CICSHAL-RELIGACIÓN | Religación Press, is part of the editorial collection of the  
CICSHAL-RELIGACIÓN Research Center |

Diseño, diagramación y portada | Design, layout and cover: Religación Press.

CP 170515, Quito, Ecuador. América del Sur.

Correo electrónico | E-mail: [press@religacion.com](mailto:press@religacion.com)

[www.religacion.com](http://www.religacion.com)

Disponible para su descarga gratuita en | Available for free download at

<https://press.religacion.com>

Este título se publica bajo una licencia de Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

This title is published under an Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license.



El presente libro tiene el aval del Centro de Investigaciones en Ciencias y Humanidades desde América Latina - CICS HAL.



Título: La tuna en la industria alimentaria.

Una experiencia de transformación en mermelada con panela orgánica

Derechos de autor | Copyright: Juan Pedro Farceque Santos, Janet del Milagro Zúñiga Trelles y William Nemesio Chunga

Primera Edición | First Edition: 2026

Editorial | Publisher: Religación Press

Materia Dewey | Dewey Subject: 664 - Tecnología de alimentos

Clasificación Thema | Thema Subject Categories: TDCT - Tecnología de alimentos y bebidas | KND - Industrias manufactureras | RNU - Sostenibilidad

BISAC: TEC012000

Público objetivo | Target audience: Profesional / académico

Colección | Collection: Ingeniería

Soporte | Format: PDF / Digital

Publicación | Publication date: 2026-09-22

ISBN: 978-9907-845-16-7

Nota obra derivada: El libro retoma y amplía, mediante el trabajo colaborativo de un grupo de investigadores, los hallazgos y aportes presentados en la tesis original: "Elaboración de mermelada aprovechando la pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica* L.) variedad blanca, edulcorada con panela granulada orgánica y evaluación del nivel de aceptabilidad" presentada ante la Universidad Católica Sedes Sapientiae (Perú) por Juan Pedro Farceque Santos en 2021.

Note: The book takes up and expands, through the collaborative work of a group of researchers, the findings and contributions presented in the original dissertation: "Elaboración de mermelada aprovechando la pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica* L.) variedad blanca, edulcorada con panela granulada orgánica y evaluación del nivel de aceptabilidad" presented to the Universidad Católica Sedes Sapientiae (Perú) by Juan Pedro Farceque Santos in 2021.

---

### **[ APA 7 ]**

Farceque Santos, J. P., Zúñiga Trelles, J. del M., & Chunga, W. N. (2026). *La tuna en la industria alimentaria. Una experiencia de transformación en mermelada con panela orgánica*. Religación Press. <https://doi.org/10.46652/ReligacionPress.488>

## **Revisión por pares**

El presente libro constituye el resultado de un riguroso proceso de investigación académica, cuya calidad metodológica y solidez argumental han sido validadas mediante un sistema de revisión por pares externos implementado bajo el protocolo de doble ciego, bajo la supervisión del Centro de Investigaciones en Ciencias y Humanidades desde América Latina (CICSHAL). Como garantía de transparencia y rigor científico, los informes de evaluación realizados por los especialistas designados se conservan en el archivo institucional de la editorial, a disposición de las instancias que así lo requieran.

## **Peer Review**

This book is the result of a rigorous academic research process, whose methodological quality and argumentative solidity have been validated through an external peer-review system implemented under a double-blind protocol, under the supervision of the Center for Research in Sciences and Humanities from Latin America (CICSHAL). As a guarantee of transparency and scientific rigor, the evaluation reports prepared by the designated specialists are preserved in the publisher's institutional archives, available to any party that may require them.

## Sobre los autores

ABOUT THE  
AUTHORS

### Juan Pedro Farceque Santos

Universidad Católica Sedes Sapientiae | Piura | Perú  
<https://orcid.org/0009-0007-8510-6910>  
[jfarceque.17@gmail.com](mailto:jfarceque.17@gmail.com)

Ingeniero Agroindustrial y de Biocomercio con 6 años de experiencia en supervisión de procesos productivos y empaque de frutas para exportación). Especializado en gestión de personal, control de KPI y sistemas integrados de gestión.

### Janet Del Milagro Zúñiga Trelles

Universidad Nacional de Piura | Piura | Perú  
<https://orcid.org/0009-0006-5010-1418>  
[jzunigat@unp.edu.pe](mailto:jzunigat@unp.edu.pe)  
[jzunigatrelles@gmail.com](mailto:jzunigatrelles@gmail.com)

Ingeniero Químico con grado de Maestro en Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial, con 13 años de experiencia profesional en el sector pesquero, docencia universitaria, y asesoría de tesis. Doctorando en Ciencias de la Educación.

### William Nemesio Chunga Trelles

Universidad Nacional de Piura | Piura | Perú  
<https://orcid.org/0000-0002-4795-005X>  
[wchungat@unp.edu.pe](mailto:wchungat@unp.edu.pe)  
[wchungat@gmail.com](mailto:wchungat@gmail.com)

Ingeniero Agroindustrial e Industrias Alimentarias, con grado de Maestro en Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial, con 20 años de experiencia profesional en los sectores Agroindustrial, Industrias Alimentarias y Pesquero. Especializado en Sistemas de Gestión Integrado, implementación y auditorías del SIG, Calidad, Análisis físico químico y manejo de equipos de laboratorio, docencia universitaria y asesor de tesis.



## Resumen

La tuna, fruto de los valles interandinos peruanos, ha sido durante siglos parte de la alimentación de las comunidades locales, aunque su aprovechamiento ha permanecido limitado a su consumo fresco o a preparaciones artesanales de alcance restringido. Este libro explora las posibilidades de transformación de la pulpa de tuna en mermelada, empleando panela granulada orgánica como edulcorante natural. A lo largo de sus capítulos, se examinan los factores que intervienen en la obtención de un producto estable y aceptable para el consumidor: la selección de la materia prima, el control de las condiciones de procesamiento y la evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales. El relato de la investigación conduce al lector por el taller de procesamiento, el laboratorio de análisis y la sala de evaluación sensorial, mostrando cómo el método experimental permite identificar la formulación más equilibrada. Se discuten, asimismo, los estándares de calidad que rigen este tipo de productos y se reflexiona sobre el potencial de la tuna como materia prima para la agroindustria local. Esta obra aspira a ser un punto de encuentro entre el conocimiento técnico y la práctica productiva, ofreciendo elementos de juicio para quienes deseen adentrarse en el desarrollo de alimentos a partir de recursos nativos.

Palabras clave:

Tuna, mermelada, panela granulada, análisis sensorial, valor agregado

## Abstract

The prickly pear, a fruit of the Peruvian inter-Andean valleys, has been part of the diet of local communities for centuries, although its use has remained limited to fresh consumption or artisanal preparations of restricted scope. This book explores the possibilities of transforming prickly pear pulp into jam, using organic granulated panela as a natural sweetener. Throughout its chapters, the factors involved in obtaining a stable and acceptable product are examined: the selection of raw materials, the control of processing conditions, and the evaluation of physicochemical and sensory characteristics. The narrative leads the reader through the processing workshop, the analysis laboratory, and the sensory evaluation room, showing how the experimental method allows for the identification of the most balanced formulation. Quality standards are also discussed, and reflections are offered on the potential of prickly pear as a raw material for local agroindustry. This work aspires to be a meeting point between technical knowledge and productive practice.

Keywords: prickly pear, jam, granulated panela, sensory analysis, added value.

## Resumo

A tuna, fruto dos vales interandinos peruanos, tem feito parte da alimentação das comunidades locais durante séculos, embora seu aproveitamento tenha permanecido limitado ao consumo in natura ou a preparações artesanais de alcance restrito. Este livro explora as possibilidades de transformação da polpa de tuna em geleia, utilizando panela granulada orgânica como adoçante natural. Ao longo dos capítulos, examinam-se os fatores para obter um produto estável e aceitável: a seleção da matéria-prima, o controle do processamento e a avaliação das características físico-químicas e sensoriais. A narrativa conduz o leitor pela oficina de processamento, pelo laboratório e pela sala de avaliação sensorial, mostrando como o método experimental permite identificar a formulação mais equilibrada. Discutem-se os padrões de qualidade e reflete-se sobre o potencial da tuna para a agroindústria local. Esta obra aspira a ser um ponto de encontro entre o conhecimento técnico e a prática produtiva.

Palavras-chave: tuna, geleia, panela granulada, análise sensorial, valor agregado.

## LA TUNA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Una experiencia de transformación en mermelada con panela orgánica

### CONTENIDO

|                      |    |
|----------------------|----|
| Revisión por pares   | 7  |
| Peer Review          | 7  |
| Sobre los autores    | 8  |
| About the authors    | 8  |
| Resumen              | 10 |
| Abstract             | 11 |
| Resumo               | 11 |
| Prólogo/Introducción | 16 |

### Capítulo 1 24

La tuna como materia prima para la innovación agroindustrial en el Perú 24

El proceso agroindustrial como estrategia para la conservación y valorización de la tuna 27

La evaluación sensorial y microbiológica como garantía de calidad y aceptabilidad 29

### Capítulo 2 34

La tuna como recurso andino. Fundamentos para su aprovechamiento agroindustrial 34

Características de la tuna como materia prima y su importancia nutricional 43

Proceso de elaboración de la mermelada de tuna y parámetros de calidad 55

### Capítulo 3 66

Los recursos y procedimientos para la elaboración de mermelada de tuna endulzada con panela orgánica 66

El camino experimental para la obtención de la mermelada de tuna 71

Las variables del estudio y el tratamiento estadístico de los datos 77

### Capítulo 4 86

Los resultados obtenidos en la elaboración de la mermelada de tuna 86

Las características fisicoquímicas de la mermelada de tuna 89

La evaluación sensorial y la aceptabilidad de la mermelada de tuna 96

La inocuidad microbiológica y el rendimiento de la mermelada de tuna 113

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Capítulo 5</b>                                                                             | 119 |
| Reflexiones en torno al proceso de elaboración de la mermelada de tuna y sus resultados       | 119 |
| Características fisicoquímicas de la mermelada y su conformidad con los estándares de calidad | 121 |
| Evaluación sensorial y aceptabilidad del producto por parte de los consumidores               | 124 |
| Consideraciones microbiológicas y rendimiento del proceso de elaboración                      | 128 |
| <b>Capítulo 6</b>                                                                             | 132 |
| Reflexiones finales sobre la elaboración de la mermelada de tuna                              | 132 |
| Orientaciones para el aprovechamiento futuro de la tuna en la región                          | 141 |
| <b>Referencias</b>                                                                            | 147 |



LA TUNA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA  
Una experiencia de transformación en mermelada con panela orgánica

## Introducción

En los valles interandinos del Perú, donde el sol de la sierra calienta tierras que han visto pasar civilizaciones milenarias, crece un fruto que ha acompañado la alimentación de los pueblos andinos desde tiempos inmemoriales: la tuna (*Opuntia ficus-indica*). Esta planta, perteneciente a la familia de las cactáceas, ha demostrado una admirable capacidad de adaptación a suelos áridos y climas rigurosos, convirtiéndose en un símbolo de resistencia y productividad en ecosistemas donde otros cultivos apenas logran sobrevivir. Sin embargo, a pesar de su abundancia y de las cualidades nutricionales que atesora —vitaminas, minerales, fibra y compuestos antioxidantes—, la tuna ha permanecido en un discreto segundo plano dentro de la economía agrícola nacional, consumida principalmente de manera fresca en los mercados locales o transformada de forma artesanal en productos de limitada difusión.

Esta paradoja —la riqueza del fruto frente a su escasa industrialización— ha despertado el interés de investigadores y productores que ven en la tuna una oportunidad para el desarrollo agroindustrial de regiones como Piura, donde el distrito de Sondorillo, en la provincia de Huancaabamba, alberga plantaciones que esperan ser aprovechadas en todo su potencial. La presente obra nace, precisamente, de esa inquietud: ¿cómo transformar la pulpa de

tuna en un producto elaborado que conserve sus atributos naturales, que sea aceptado por los consumidores y que, además, pueda competir en el mercado con otras mermeladas de frutas más tradicionales?

### **El desafío de la formulación magistral de una mermelada**

La elaboración de mermelada representa una de las técnicas más antiguas y universales de conservación de frutas. Consiste, en esencia, en la concentración de pulpa o jugo de fruta mediante cocción con azúcar, hasta alcanzar una consistencia que permita su almacenamiento prolongado. Sin embargo, detrás de este proceso aparentemente sencillo se esconde un complejo equilibrio de factores: la proporción exacta de fruta y edulcorante, el tipo y cantidad de espesante, el control del pH y la acidez, la temperatura y el tiempo de cocción, y la correcta manipulación higiénica para garantizar la inocuidad del producto final.

En el caso de la tuna, este desafío se intensifica debido a las características particulares del fruto: su elevado contenido de agua, la presencia de semillas que deben ser separadas, la variabilidad en el contenido de sólidos solubles según el grado de madurez y la necesidad de encontrar un edulcorante que potencie, y no enmascare, su sabor característico. Fue precisamente esta complejidad

la que motivó el diseño de una investigación sistemática que, mediante métodos estadísticos rigurosos, permitiera identificar la formulación más aceptable para los consumidores.

La elección de la panela granulada orgánica como edulcorante no fue casual. Este producto derivado de la caña de azúcar, elaborado sin adición de químicos y con un perfil nutricional más rico que el azúcar refinado, se alinea con las tendencias actuales de consumo consciente y con la búsqueda de ingredientes naturales. Asimismo, la carboximetilcelulosa (CMC) fue seleccionada como espesante por su estabilidad, su capacidad para mejorar la textura y su amplio uso en la industria alimentaria, donde actúa como agente de retención de agua y estabilizador de emulsiones.

### **Un recorrido por el método experimental**

La investigación que aquí se presenta adoptó un diseño experimental puro, de enfoque cuantitativo, con un arreglo factorial de  $3 \times 3$  que combinó tres niveles de espesante (0,5 %, 1,0 % y 1,5 %) y tres proporciones de pulpa de tuna y edulcorante (1:0,9; 1:1,0; 1:1,1). De esta combinación surgieron nueve tratamientos, cada uno con dos repeticiones, que fueron evaluados mediante análisis fisicoquímicos —porcentaje de acidez, pH y grados brix—

y sensoriales, a través de una prueba hedónica aplicada a 30 consumidores. El análisis estadístico de los datos, realizado con el software INFOSTAT, incluyó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias de Duncan, con un nivel de significancia del 5 %.

El lector encontrará en las páginas siguientes una descripción detallada de cada etapa del proceso: desde la recepción y selección de la materia prima, el lavado y desinfección, el escaldado que ablanda la cáscara y facilita el despulpado, hasta la cocción, el envasado y el almacenamiento. Cada operación unitaria fue cuidadosamente documentada, y los resultados —presentados en tablas y gráficos— permiten apreciar no solo las diferencias entre tratamientos, sino también la consistencia de los hallazgos a través de las repeticiones.

### **Hallazgos y trascendencia**

El tratamiento que emergió como el más aceptado por los consumidores —aquel que combinó 1 kg de pulpa de tuna con 1 kg de panela granulada, 0,1 kg de CMC y 0,05 kg de ácido cítrico— no solo destacó en los atributos sensoriales de color, olor, sabor y textura, sino que también demostró un perfil fisicoquímico dentro de los rangos establecidos por la Norma Técnica Peruana para mermeladas de frutas (pH 3,0-3,8; sólidos solubles  $\geq 65$

°Brix). El análisis microbiológico, por su parte, confirmó la inocuidad del producto, con recuentos de hongos y levaduras por debajo del límite mínimo ( $<10$  UFC/g) establecido por la Resolución Ministerial N° 591-MINSA (2008).

Más allá de los números, estos resultados tienen implicaciones concretas para las comunidades productoras de tuna en el Perú. La obtención de una mermelada con un rendimiento del 82,4 % —es decir, 1,66 kg de producto final por cada 2,015 kg de mezcla— abre la puerta a una actividad agroindustrial que podría generar ingresos adicionales para los agricultores, reducir el desperdicio de fruta no comercializada y ofrecer al mercado un producto diferenciado por su origen orgánico y su sabor auténtico.

### **Una invitación a la lectura**

Este libro no es, sin embargo, un simple recetario ni un informe técnico más. Es una invitación a comprender la ciencia detrás de un producto cotidiano, a valorar los recursos naturales de nuestro territorio y a imaginar nuevas posibilidades para frutos que, como la tuna, esperan ser redescubiertos. También es un testimonio del trabajo riguroso y metódico que caracteriza a la investigación agroindustrial, donde la observación, la experimentación y el análisis estadístico se combinan para convertir una idea en una realidad tangible.

A lo largo de estas páginas, el lector acompañará a los investigadores en su recorrido por el taller de procesamiento, el laboratorio de análisis fisicoquímico y la sala de evaluación sensorial. Conocerá las dificultades enfrentadas —la variabilidad de la materia prima, el control de las condiciones de cocción, la estandarización de las mediciones— y las soluciones implementadas. Al final, encontrará no solo los resultados de una investigación, sino también un conjunto de recomendaciones prácticas para futuras exploraciones en el campo de la transformación de frutas andinas.

Que esta obra sirva, pues, como punto de partida para nuevas investigaciones, como guía para emprendedores y como reconocimiento a la riqueza agrícola del Perú. La tuna, que ha alimentado a generaciones de peruanos, está lista para conquistar nuevos mercados y nuevos paladares. El camino comienza aquí.

# Capítulo 1

*La tuna como materia prima para la innovación agroindustrial en el Perú*

LA TUNA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Una experiencia de transformación en mermelada con panela orgánica

La tuna, conocida científicamente como *Opuntia ficus-indica*, es una planta que ha encontrado en los valles interandinos del Perú un entorno propicio para su desarrollo y producción, tal como lo señalan Castro et al. (2009). Su distribución en diferentes regiones del país, especialmente en aquellos territorios donde las condiciones climáticas son favorables, ha permitido que este fruto se convierta en un recurso de importancia para las comunidades locales, que lo consumen de manera tradicional y lo comercializan en los mercados regionales. Sin embargo, el aprovechamiento de la tuna ha sido históricamente limitado, ya que su consumo se ha restringido principalmente a la fruta fresca y a la elaboración artesanal de productos derivados como mermeladas, néctares y licores, sin que exista una industria formal que explote todo su potencial. En los últimos años, el interés por la tuna ha crecido de manera sostenida, tanto en el ámbito nacional como internacional, debido a las propiedades nutricionales y funcionales que posee, destacando su alto contenido de antioxidantes y sus características sensoriales únicas, que la convierten en un alimento con grandes beneficios para la salud humana. La investigación de Yaranga (2011) señala que, a pesar de estas ventajas, en el Perú no se ha desarrollado una explotación tecnificada e intensiva de la tuna, debido principalmente al reducido mercado y al escaso conocimiento sobre las potencialidades del fruto, lo que limita su industrialización y la generación de valor

agregado. Ante esta realidad, una de las soluciones más viables es la transformación de la tuna en productos con mayor demanda en el mercado, como jaleas, mermeladas, néctares y licores, que permitan diversificar su uso y extender su vida útil, al tiempo que se aprovechan los recursos locales y se promueve el desarrollo económico de las comunidades productoras.

La elaboración de mermelada a partir de la pulpa de tuna representa una alternativa prometedora para el aprovechamiento de este fruto en el distrito de Sondorillo, provincia de Huancabamba, en la región Piura. Esta iniciativa no solo busca dar valor agregado a un producto nativo que ha sido subutilizado, sino que también pretende diversificar los usos de la tuna, transformándola en un producto de consumo masivo como la mermelada, que tiene una amplia aceptación en la población local y nacional. Lo que distingue a esta propuesta es el uso de panela granulada orgánica como edulcorante, lo que le confiere un carácter diferenciador en el mercado, al combinar las propiedades de la tuna con las ventajas de un endulzante natural y orgánico, que responde a las tendencias actuales de consumo saludable y sostenible. La panela, obtenida a partir de la caña de azúcar sin refinar, conserva nutrientes esenciales como vitaminas y minerales, lo que la convierte en una alternativa más saludable que el azúcar refinado tradicionalmente utilizado en la elaboración de mermeladas. La combinación de la pulpa de tuna con panela gra-

nulada orgánica no solo mejora el perfil nutricional del producto, sino que también contribuye a la economía local, al fomentar el uso de insumos producidos en la región y a fortalecer las cadenas de valor agroindustrial. Jiménez y Bonilla (2012) señalan que, para aprovechar la tuna de manera óptima, es fundamental considerar los índices de madurez del fruto, ya que estos inciden directamente en las características sensoriales del producto final, determinando aspectos como el color, el sabor y la textura de la mermelada, lo que a su vez influye en la aceptación por parte de los consumidores.

### **El proceso agroindustrial como estrategia para la conservación y valorización de la tuna**

La mermelada se obtiene mediante un proceso agroindustrial que combina la cocción de la pulpa de fruta con azúcares y otros ingredientes, hasta alcanzar una concentración y consistencia adecuadas, lo que permite la conservación del producto por un período prolongado. Este proceso, basado en la saturación de azúcares y la aplicación de altas temperaturas, garantiza la eliminación de microorganismos y la reducción de la actividad de agua, lo que inhibe el crecimiento de hongos y bacterias, y extiende la vida útil del producto. De esta manera, la mermelada puede ser consumida en diferentes épocas del año, independientemente de la estacionalidad de la fruta

fresca, lo que representa una ventaja significativa para los consumidores y para los productores que buscan comercializar sus productos durante todo el año. El aporte de esta investigación se centra en dar valor agregado a un producto nativo que ha sido poco comercializado a nivel local y nacional, transformándolo en un producto con alta demanda en el mercado, como es la mermelada, y alargando su vida útil para facilitar su distribución y consumo. La investigación se propuso como objetivo general la elaboración de mermelada a partir de la pulpa de tuna, edulcorada con panela granulada orgánica, y la evaluación de su nivel de aceptabilidad. Para alcanzar este propósito, se diseñó un diagrama de flujo del proceso de obtención de la mermelada, que permitió estandarizar las operaciones y asegurar la calidad del producto final. Asimismo, se determinaron las características fisicoquímicas de la mermelada, incluyendo la acidez, el pH y los grados brix, parámetros que son esenciales para garantizar la estabilidad y la seguridad del producto, así como para cumplir con los requisitos de la normativa vigente para alimentos procesados. La acidez y el pH influyen en la gelificación y en la conservación de la mermelada, mientras que los grados brix determinan el contenido de sólidos solubles, que es un indicador clave de la concentración de azúcares y de la calidad del producto. La evaluación sensorial a nivel consumidor se realizó para los atributos de color, olor, sabor y textura, con el fin de conocer la percepción de los

potenciales consumidores y determinar el nivel de aceptación del producto, lo que es fundamental para su posterior comercialización. Además, se llevó a cabo un análisis microbiológico para detectar la presencia de hongos y levaduras en el tratamiento que obtuvo la mejor aceptación, garantizando así la inocuidad del producto final. Finalmente, se realizó un balance de materia del proceso de obtención de la mermelada, con el objetivo de conocer el rendimiento del producto y evaluar la eficiencia del proceso, lo que permite identificar posibles pérdidas y optimizar la producción.

### **La evaluación sensorial y microbiológica como garantía de calidad y aceptabilidad**

La evaluación sensorial es una herramienta fundamental en el desarrollo de nuevos productos alimenticios, ya que permite conocer la percepción de los consumidores y determinar su nivel de aceptación, lo que es crucial para el éxito comercial de cualquier innovación. En el caso de la mermelada de tuna edulcorada con panela granulada orgánica, la evaluación sensorial se centró en los atributos de color, olor, sabor y textura, que son los principales determinantes de la calidad percibida por los consumidores. El color de la mermelada, que depende del pigmento natural de la tuna y de la concentración de azúcares, es un atributo que influye en la primera impresión del con-

sumidor y en su disposición a probar el producto. El olor, que está asociado a los compuestos volátiles de la fruta, contribuye a la experiencia sensorial global y puede despertar el interés o el rechazo del consumidor. El sabor, que es el atributo más relevante en la aceptación de un alimento, depende del equilibrio entre la acidez natural de la tuna y el dulzor de la panela, así como de la presencia de otros compuestos que aportan matices y complejidad al producto. La textura, que está relacionada con la consistencia y la firmeza de la mermelada, influye en la sensación en boca y en la facilidad de untado, lo que afecta la experiencia de consumo. La evaluación sensorial a nivel consumidor permite obtener información valiosa sobre las preferencias del mercado objetivo y sobre la percepción de los atributos del producto, lo que permite realizar ajustes en la formulación y en el proceso para mejorar la aceptabilidad. Además, la evaluación sensorial es un requisito indispensable para la comercialización de un nuevo producto, ya que proporciona evidencia sobre su potencial de aceptación en el mercado. La investigación de Jiménez y Bonilla (2012) ha señalado que los índices de madurez de la tuna inciden directamente en las características sensoriales del producto final, lo que destaca la importancia de seleccionar frutas en el punto óptimo de madurez para garantizar la calidad sensorial de la mermelada. Por su parte, Castro et al. (2009) han destacado el gran potencial de valor nutricional de la tuna y sus hojas,

lo que refuerza la importancia de desarrollar productos que aprovechen estas propiedades y las pongan al servicio de la salud y el bienestar de los consumidores.

El análisis microbiológico es otro componente esencial en la evaluación de la calidad de los alimentos procesados, ya que garantiza que el producto final sea seguro para el consumo humano y cumpla con los estándares establecidos por la normativa sanitaria. En el caso de la mermelada, el análisis microbiológico se centra en la detección de microorganismos patógenos y de microorganismos indicadores de calidad, como hongos y levaduras, que pueden afectar la estabilidad y la vida útil del producto. La presencia de hongos y levaduras en la mermelada puede indicar una deficiencia en el proceso de elaboración, como una cocción insuficiente, una contaminación durante el envasado o una falta de higiene en las instalaciones. Por ello, es fundamental realizar un análisis microbiológico al tratamiento que obtenga la mejor aceptación en la evaluación sensorial, para asegurar que el producto no solo sea apreciado por los consumidores, sino que también sea seguro y estable a lo largo del tiempo. El balance de materia del proceso de obtención de la mermelada, por su parte, permite conocer el rendimiento del producto, es decir, la cantidad de mermelada que se obtiene a partir de una cantidad determinada de pulpa de tuna. Este balance es útil para evaluar la eficiencia del proceso y para identificar posibles pérdidas de materia

prima durante las diferentes etapas de elaboración, lo que permite optimizar el proceso y reducir los costos de producción. Además, el balance de materia proporciona información sobre la relación entre los insumos y el producto final, lo que es fundamental para la planificación de la producción y para el cálculo de los costos de producción. En resumen, la combinación de la evaluación sensorial, el análisis microbiológico y el balance de materia permite garantizar la calidad, la seguridad y la eficiencia del proceso de elaboración de la mermelada de tuna edulcorada con panela granulada orgánica, lo que contribuye al éxito comercial del producto y al aprovechamiento sostenible de este recurso nativo. La investigación de Yaranga (2011) ha señalado que la industrialización de la tuna es una de las soluciones para superar el limitado aprovechamiento de este fruto en el Perú, y la elaboración de mermelada representa una alternativa concreta para lograr este objetivo, al tiempo que se promueve el desarrollo económico de las comunidades productoras y se diversifica la oferta de productos derivados de la tuna en el mercado nacional e internacional.



## **Capítulo 2**

*La tuna como recurso andino. Fundamentos para su  
aprovechamiento agroindustrial*

LA TUNA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Una experiencia de transformación en mermelada con panela orgánica

El estudio de la tuna y su potencial para la elaboración de productos alimenticios se inscribe en un contexto de creciente interés por los recursos nativos y su valorización a través de procesos agroindustriales que permitan diversificar la oferta y generar alternativas económicas para las comunidades rurales. En este marco, la investigación sobre mermelada de tuna edulcorada con panela granulada orgánica se nutre de un conjunto de antecedentes nacionales e internacionales que evidencian el desarrollo de productos similares y las metodologías empleadas para su obtención y evaluación. Ancutza (2019), en su investigación desarrollada en Cuyo, Argentina, evaluó la alternativa de consumo casero de una mermelada de naranja y quinua mediante un análisis sensorial que involucró a 100 consumidores no entrenados. El estudio, de enfoque cuantitativo y alcance exploratorio y descriptivo, implementó un diseño experimental descriptivo con tres tratamientos y dos repeticiones, variando las proporciones de naranja, azúcar y quinua. La evaluación sensorial, realizada a través de una plantilla subjetiva de cinco niveles para las características organolépticas de aspecto, color, aroma, sabor y consistencia, fue analizada mediante la prueba no paramétrica de Friedman con un nivel de significancia del 5%. Los resultados indicaron que el tratamiento con mayor porcentaje de naranja y menor de quinua obtuvo la mejor aceptación, con calificaciones de “me gusta” para el aspecto, color, aroma y consistencia, y “me gusta mucho”

para el sabor. La mermelada presentó un pH inferior a 4,5 y 65 grados brix, parámetros que se encuentran dentro de los rangos establecidos para este tipo de productos. El autor concluyó que la mermelada fue aceptada en el consumo casero por sus características organolépticas, aunque señaló que la incorporación del cereal disminuye la vida útil del producto debido a los ácidos grasos presentes. Por su parte, Fajardo (2017), en Los Ríos, Ecuador, evaluó la aceptabilidad sensorial de la mermelada de jackfruit edulcorada con panela y miel de abeja. La investigación, de enfoque cuantitativo y alcance exploratorio y descriptivo, implementó un diseño completamente al azar bifactorial 2x2 y utilizó la escala hedónica para la evaluación sensorial. Los cuatro tratamientos consistieron en la sustitución de sacarosa por panela al 50% y al 100%, y por miel de abeja al 50% y al 100%. El análisis de los datos, realizado mediante la prueba de Kruskal Wallis, evidenció que el tratamiento edulcorado con miel de abeja al 50% obtuvo la mayor aceptación, seguido del tratamiento con miel al 100%. El autor concluyó que la mermelada de jackfruit elaborada con estos edulcorantes es apta para el consumo humano, destacando la viabilidad de utilizar endulzantes naturales como alternativa al azúcar refinado. Estos antecedentes internacionales demuestran que la tendencia hacia el uso de edulcorantes naturales y la incorporación de ingredientes con valor nutricional agregado está ganando terreno en la industria alimentaria, y que la mermelada

es un producto versátil que permite la experimentación con diferentes materias primas y formulaciones. Además, los métodos de evaluación sensorial y los análisis fisico-químicos y microbiológicos empleados en estos estudios constituyen un referente metodológico para la investigación sobre mermelada de tuna, ya que permiten garantizar la calidad y la aceptación del producto final por parte de los consumidores. La diversidad de frutas utilizadas en estas investigaciones, como la naranja, el jackfruit y la tuna, demuestra la amplitud de posibilidades que ofrece la mermelada como producto alimenticio, y la importancia de adaptar las formulaciones a las características específicas de cada materia prima, considerando factores como el contenido de pectina, la acidez natural y el perfil de sabor, que influyen directamente en el proceso de gelificación y en las propiedades sensoriales del producto final.

En la misma línea, Tonini (2015), en Cuyo, Argentina, evaluó el grado de aceptabilidad sensorial y la aptitud comercial de mermeladas elaboradas a partir de tres ecotipos de tuna: roja, anaranjada y blanca. La investigación, de enfoque cuantitativo y alcance exploratorio, utilizó un diseño experimental frecuencial con el software Tastelab. Las formulaciones para cada ecotipo variaron en las proporciones de pulpa, azúcar y ácido cítrico. La evaluación organoléptica se realizó mediante la prueba de escala hedónica y los resultados mostraron que los tres ecotipos fueron bien aceptados en cuanto al aspecto, co-

lor y consistencia. Sin embargo, en el atributo de olor no fue bien aceptado en ninguno de los ecotipos, mientras que el sabor y la textura fueron mejor aceptados en las tunas roja y anaranjada. El investigador concluyó que la mermelada de tuna anaranjada fue la más aceptada por los jueces, mientras que la tuna roja fue la preferida por los consumidores. Además, señaló que la mermelada fue apta para el consumo desde el punto de vista microbiológico, debido a las condiciones adecuadas de elaboración y conservación. Jiménez y Bonilla (2012), en Guaranda, Ecuador, investigaron el aprovechamiento del mucílago y el maguey de cacao *Theobroma cacao* fino para la elaboración de mermelada. La investigación, de enfoque cuantitativo y alcance exploratorio, aplicó un diseño estadístico completamente al azar con nueve tratamientos y tres repeticiones, evaluando diferentes formulaciones de maguey, mucílago y pectina. La evaluación organoléptica fue realizada por un panel de catadores no entrenados y el análisis de datos se realizó mediante la prueba de medias Tukey al 5% y el software Minitab versión 14. El tratamiento con mayor aceptación fue el que contenía 40% de mucílago, 60% de maguey y 0,06% de pectina, con un pH de 2,91 y 65 grados brix. Los autores concluyeron que es importante considerar los índices de madurez de la fruta, ya que inciden directamente en las características sensoriales del producto, y que el producto final se encuentra libre de microorganismos. Espín (2012), en Ambato,

Ecuador, evaluó el uso de la zanahoria amarilla en mezcla con manzana a diferentes concentraciones de pectina para la obtención de mermelada. La investigación, de enfoque cuantitativo y cualitativo, con alcance exploratorio y descriptivo, implementó un diseño estadístico factorial de 3x3 y utilizó el programa Statgraphics para el análisis de datos. La evaluación sensorial, realizada por catadores no entrenados mediante la escala hedónica de cinco niveles, fue analizada con ANOVA y la prueba de Tukey al 5%. El tratamiento con mejor aceptación fue el que contenía 330 g de manzana madura y 500 g de zanahoria amarilla, con 1,56% de acidez, 3,5 de pH y 68 grados brix. El autor concluyó que la vida útil de la mermelada fue de alrededor de cuatro meses en condiciones normales de clima, y que la ausencia de microorganismos se debió a la exposición a altas temperaturas durante el proceso. Estos estudios internacionales coinciden en la importancia de la evaluación sensorial como herramienta para determinar la aceptación de nuevos productos por parte de los consumidores, y en la necesidad de realizar análisis físico-químicos y microbiológicos para garantizar la calidad y la inocuidad de los alimentos procesados. La diversidad de frutas y edulcorantes utilizados en estas investigaciones evidencia la versatilidad de la mermelada como producto alimenticio, y la posibilidad de adaptar su formulación a diferentes contextos y preferencias de consumo. Además, los resultados obtenidos en estos estudios proporcionan

información valiosa sobre los parámetros óptimos de pH, grados brix y acidez que deben cumplir las mermeladas para ser aceptadas por los consumidores y para garantizar su estabilidad y vida útil. La investigación de Tonini (2015), en particular, resulta de gran relevancia para el presente estudio, ya que se enfoca específicamente en la tuna como materia prima, y proporciona información sobre las características sensoriales y la aceptación de mermeladas elaboradas con diferentes ecotipos de este fruto, lo que permite establecer comparaciones y orientar la selección de la variedad más adecuada para la elaboración de la mermelada con panela granulada orgánica.

A nivel nacional, Calderón y Símpalo (2018), en Lambayeque, Perú, desarrollaron una investigación sobre la elaboración y evaluación organoléptica de la mermelada a base de mamey y tumbo. El estudio, de enfoque cuantitativo y diseño experimental completamente al azar, incluyó once tratamientos con diferentes proporciones de tumbo, mamey y pectina. La evaluación organoléptica, realizada mediante la escala hedónica por 30 panelistas entrenados, determinó que el tratamiento con 0% de tumbo, 50% de mamey y 0,40% de pectina fue el más aceptado. Las características fisicoquímicas y microbiológicas del producto mostraron 1,02% de acidez, 67 grados brix, pH 4,23 y ausencia de microorganismos según el Codex Alimentarius. Los autores concluyeron que no existen diferencias significativas entre los once tratamientos en cuan-

to a color, olor, sabor y apariencia general. Barrientos (2014), también en Lambayeque, evaluó la formulación óptima de una mermelada mixta a base de loche y maracuyá. La investigación, de enfoque cuantitativo y alcance exploratorio, aplicó un análisis estadístico completamente al azar mediante Anova y la prueba de Tukey, con el software Desing Expert 0,7. La evaluación organoléptica de doce tratamientos, realizada con la escala hedónica de cinco puntos y la participación de 70 personas no entrenadas, dio como resultado que el tratamiento con 69,5% de loche, 30% de maracuyá y 0,40% de pectina fue el más aceptado, presentando pH 4,15, 68 grados brix y 1,87% de acidez titulable. El investigador concluyó que no existieron diferencias significativas en color, aroma y sabor entre los tratamientos, y que la mermelada estuvo ausente de microorganismos según la Norma Sanitaria. Yaranga (2011), en Tingo María, investigó la elaboración y evaluación reológica de la mermelada de tuna, determinando los parámetros fisicoquímicos óptimos del producto. La investigación, de enfoque cuantitativo y alcance exploratorio, aplicó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial de 3x2x2, evaluando tres niveles de cáscara, dos de azúcar y dos de pectina. La evaluación sensorial, realizada mediante la escala hedónica de cinco niveles con 20 panelistas semi-entrenados, fue analizada mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con el software statgraphics plus 5,1. El tratamiento

con mayor aceptación fue el que contenía cáscara/pulpa en proporción 40/60, 40% de azúcar y 1% de pectina, alcanzando 65 grados brix. El autor concluyó que existe un efecto significativo entre el nivel de estabilidad y la percepción organoléptica, ya que un mayor porcentaje de cáscara aumenta la viscosidad pero incide negativamente en las características organolépticas de la mermelada. Estos antecedentes nacionales demuestran que en el Perú se ha venido investigando el aprovechamiento de frutas nativas y regionales para la elaboración de mermeladas, con el objetivo de generar valor agregado y promover el desarrollo agroindustrial en diferentes regiones del país. Los estudios coinciden en la importancia de la evaluación sensorial y los análisis fisicoquímicos y microbiológicos para garantizar la calidad y aceptación de los productos, y destacan la necesidad de considerar los índices de madurez de las frutas y las proporciones adecuadas de los insumos para obtener mermeladas con características óptimas. La tuna, como fruta nativa de gran potencial nutricional y disponibilidad en los valles interandinos del Perú, representa una oportunidad para el desarrollo de productos como la mermelada, que pueden contribuir a la diversificación de la oferta alimentaria y a la generación de ingresos para las comunidades rurales. La investigación de Yaranga (2011) es particularmente relevante para el presente estudio, ya que se enfoca específicamente en la mermelada de tuna y proporciona información sobre

los parámetros óptimos de formulación y los efectos de la inclusión de cáscara en las características del producto final, lo que permite orientar el diseño de la mermelada con panela granulada orgánica y optimizar sus propiedades sensoriales y fisicoquímicas.

### **Características de la tuna como materia prima y su importancia nutricional**

La tuna, cuyo nombre científico es *Opuntia ficus-indica*, es una planta perteneciente a la familia Cactaceae, originaria de América y ampliamente distribuida en regiones áridas y semiáridas de todo el mundo. Sáenz (2006) describe a la tuna como una planta arbustiva y espinosa que puede alcanzar una altura de 3,5 a 5 metros, con un sistema radical prolongado, ramificado y favorecido por raíces finas, absorbentes y superficiales, lo que le permite adaptarse a condiciones de escasa disponibilidad de agua. Las variedades del fruto que se producen y comercializan incluyen el amarillo, amarillo rojizo, carmín y morado, conocidas por nombres comunes en diferentes regiones del país. La tuna se encuentra distribuida en diversas partes del Perú, especialmente en los valles interandinos, donde ha encontrado condiciones climáticas y de suelo adecuadas para su establecimiento y producción.

Figura 1. Fruto de la tuna.



Nota: elaboración propia.

Pimienta et al. (2003), citados por Paucara (2017), señalan que el tallo de la tuna mide entre 1,5 metros de altura y 20 a 50 cm de diámetro, dependiendo de la especie, y que las ramas están formadas por pencas alargadas y circulares, de aproximadamente 30 cm de largo y 20 cm de ancho, en las cuales se realiza la fotosíntesis. Las hojas solo se observan en tallos tiernos y desaparecen cuando las pencas han alcanzado cierto grado de desarrollo, quedando en su lugar las espinas. Las flores, solitarias y localizadas en la parte superior de la penca, presentan pétalos de colores vivos como amarillo, anaranjado, rojo, rosa, amarillo rojizo y amarillo claro, dependiendo de la variedad. Castro et al. (2009) mencionan que la fenología de la planta de tuna está relacionada con el clima, especialmente la temperatura, la radiación y la humedad, ya que estos

aspectos son esenciales para su crecimiento, desarrollo y producción. La planta se forma a través de fenómenos biológicos como la brotación de yemas, la inflorescencia y la maduración de los frutos, y es importante conocer estos cambios biológicos para realizar un buen manejo del cultivo. El ciclo vital para el desarrollo de los frutos de tuna se da a partir del inicio de la floración hasta la completa maduración, alcanzando la madurez fisiológica aproximadamente 80 días después de la floración. Vizcarra (2017) describe el fruto de la tuna como polispermo, de forma alargada esférica, con dimensiones y características que varían según la especie. Presenta espinas finas y frágiles de color amarillento, de 2 a 3 mm de longitud, que dificultan la cosecha. El fruto es comestible, de sabor agradable y dulce, y su color varía del verde a diferentes tonalidades al madurar, como se muestra en la Figura 2. Está compuesto por una cáscara gruesa y espinosa, una pulpa gelatinosa que contiene numerosas semillas, y presenta dimensiones variables, con diámetros entre 5,5 y 7 cm, longitud de 5 a 11 cm y peso entre 43 y 220 g, aunque estos datos pueden variar según el clima y el suelo.

Figura 2. Estado de maduración de la tuna.



Fuente: elaboración propia

Los parámetros de calidad de la tuna con fines de exportación clasifican los frutos por tamaño: fruto de exportación (más de 160 g), de primera clase (120 a 160 g), de segunda clase (80 a 100 g) y de tercera clase (menos de 80 g), como se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de calidad de la tuna

| Fruto                  | Tamaño        |
|------------------------|---------------|
| Fruto de exportación   | Más de 160 g  |
| Fruto de primera clase | 120 a 160 g   |
| Fruto de segunda clase | 80 a 100 g    |
| Fruto de tercera clase | Menos de 80 g |

Nota: Castro et al. (2009).

Castro et al. (2009) señalan que la tuna es utilizada de diferentes maneras en diversos campos de la industria, así como de manera artesanal. Se aprovechan la pulpa,

la cáscara y sus compuestos químicos para la elaboración de aceites con fines de consumo, así como las pectinas y colorantes. También es empleada en la elaboración de bebidas como vinos, licores, néctares, mermeladas y jaleas. Como producto ecológico, la tuna permite la recuperación y regeneración del suelo, la preservación de la biodiversidad en zonas con tierras áridas, y es una alternativa para contrarrestar el cambio climático y la desertificación. Además, permite la conservación de agua, ya que en sus troncos adquiere agua para su desarrollo y producción. Se están realizando estudios para que actúe como un agente anticontaminante y como medio de combustible. En el campo medicinal, la tuna es utilizada como antiinflamatorio, analgésico, tónico, laxante y para otros usos tradicionales, principalmente aprovechando las pencas, como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Usos de la tuna.



Fuente: elaboración propia

La versatilidad de la tuna como materia prima la convierte en un recurso de gran interés para la agroindustria, ya que permite la obtención de una amplia gama de productos con diferentes aplicaciones, desde alimentos hasta productos farmacéuticos y cosméticos. Además, su capacidad de adaptación a condiciones climáticas adversas la convierte en un cultivo estratégico para las zonas áridas y semiáridas, donde puede contribuir a la seguridad alimentaria y al desarrollo económico de las comunidades locales. La investigación sobre la tuna y sus derivados ha cobrado relevancia en los últimos años, debido al creciente interés por los alimentos funcionales y los productos naturales, y a la necesidad de diversificar las fuentes de ingresos en el sector agropecuario. La tuna, por sus características nutricionales y su adaptabilidad, se presenta como una alternativa viable para la producción de alimentos saludables y sostenibles, que pueden contribuir a mejorar la calidad de vida de las poblaciones rurales y a reducir la dependencia de cultivos tradicionales con menor valor agregado. La composición nutricional de la tuna, de acuerdo con Ceza (2011), citado por Jiménez (2014), destaca por su potencial nutricional respecto a otras frutas. Comprende un 90% de la parte comestible, que incluye las semillas, y un 10% del funículo. Los ácidos orgánicos en el fruto se encuentran presentes en rangos bajos, entre 0,01% y 0,12%, los cuales no influyen en las características organolépticas. La pulpa de la tuna está compuesta

por 90,60% de agua y los sólidos solubles varían entre 10 y 17 grados brix, dependiendo de la variedad y del estado de madurez del fruto, siendo el óptimo entre 13 y 17 grados brix. En la Tabla 2 se aprecia la cantidad de componentes nutricionales que posee la parte comestible de la tuna variedad blanca, referente a una muestra de 100 g, que incluye calorías, humedad, carbohidratos, ceniza, fibra, proteína, calcio, fósforo, hierro, niacina, riovoflavina, tiamina y vitamina C.

Tabla 2. Composición nutricional de la tuna blanca

| Componentes   | Contenido de 100 g (parte comestible) |
|---------------|---------------------------------------|
| Calorías      | 31                                    |
| Humedad       | 90,60 %                               |
| Carbohidratos | 8 g                                   |
| Ceniza        | 0,4 g                                 |
| Fibra         | 0,5 g                                 |
| Proteína      | 0,5 g                                 |
| Calcio        | 22 mg                                 |
| Fósforo       | 7 mg                                  |
| Hierro        | 0,3 mg                                |
| Niacina       | 0,3 mg                                |
| Riovoflavina  | 0,02 mg                               |
| Tiamina       | 0,01 mg                               |
| Vitamina C    | 30 mg                                 |

Nota: Ceza, (2011), citado por Jiménez (2014).

Estos nutrientes confieren a la tuna un valor agregado significativo para la alimentación humana, lo que justifica su aprovechamiento en la elaboración de productos como la mermelada. La presencia de vitamina C, en particular, es un aspecto relevante, ya que este nutriente actúa como antioxidante y contribuye a la prevención de enfermedades crónicas. La fibra, por su parte, favorece el tránsito intestinal y contribuye a la sensación de saciedad, lo que hace de la tuna un alimento funcional con propiedades beneficiosas para la salud. Además, los minerales como el calcio, el fósforo y el hierro son esenciales para el mantenimiento de la salud ósea y la prevención de anemias, lo que refuerza el valor nutricional de la tuna y su potencial como ingrediente en la elaboración de alimentos saludables. La panela, por su parte, es un edulcorante natural derivado de la caña de azúcar, que mantiene todos los elementos nutricionales del jugo de la caña, como se muestra en la Figura 4. Sáenz (2013) manifiesta que la panela es un producto orgánico, ya que durante su proceso de elaboración no se le adicionan insumos químicos para proporcionarle color, sabor y textura.

Figura 4. Panela granulada de caña de azúcar



Nota: elaboración propia

Villalta (2012), describe la panela como un producto procesado que deriva de la caña de azúcar, utilizada como edulcorante por las familias, especialmente en zonas rurales. En el Perú se le conoce también como chancaca y es producida en diferentes lugares del territorio, principalmente en la sierra. La presentación de la panela varía de acuerdo al mercado, y su consumo ha ido incrementándose debido a su evolución en relación con las necesidades de los consumidores. El proceso de elaboración de la panela, según Villalta (2012), incluye la recepción de la caña, la molienda, la clarificación del jugo, la evaporación, la concentración y punteo, el batido y el envasado. La temperatura y las características fisicoquímicas deben ser controladas para garantizar la calidad del producto final. En la Figura 5 se aprecia el proceso de concentración y punteo de la panela.

Figura 5. Concentración y punteo de la panela.



Nota: elaboración propia

La composición nutricional de la panela, que incluye sólidos solubles, sacarosa, azúcares reductores, proteínas, humedad, sólidos sedimentables, cenizas, nitrógeno, grasa, magnesio, fósforo, sodio, potasio y calcio, demuestra su valor como edulcorante que aporta nutrientes esenciales, en contraste con el azúcar refinado que solo aporta calorías vacías. En la Tabla 3 se muestran los componentes y sus contenidos nutricionales de la panela granulada, respecto a 100 g de muestra.

Tabla 3. Nivel nutricional de la panela

| Componentes                    | Contenidos |
|--------------------------------|------------|
| Sólidos solubles (grados brix) | 94-97 %    |
| Sacarosa                       | 83-89 %    |
| Azúcar reductos                | 0,50 %     |
| Proteínas                      | 2,5-12 %   |
| Humedad                        | 3 %        |
| Sólidos sedimentables          | 0,1-1 %    |
| Cenizas                        | 0,8-1,9 %  |
| Nitrógeno                      | 0,12 %     |
| Grasa                          | 0,9 %      |
| Magnesio                       | 50-90 mg   |
| Fósforo                        | 50-65 mg   |
| Sodio                          | 2-7 mg     |
| Potasio                        | 150-230 mg |
| Calcio                         | 80-150 mg  |

Nota: Virginia, Guevara y Soto (2018) citado por Ramírez (2018)

La combinación de la tuna y la panela en la elaboración de mermelada representa una alternativa saludable y sostenible, que aprovecha recursos locales y promueve el desarrollo de productos con valor agregado en el ámbito rural. Además, el uso de panela como edulcorante en lugar de azúcar refinado contribuye a reducir el impacto ambiental de la producción de alimentos, ya que la panela requiere menos procesamiento y genera menos residuos que el azúcar refinado, lo que la convierte en una opción más ecológica y socialmente responsable. La panela, al ser

un producto de origen artesanal y local, también fomenta la economía de las comunidades productoras de caña de azúcar, generando empleo y promoviendo la permanencia de las tradiciones productivas en las zonas rurales. La sinergia entre la tuna y la panela como ingredientes para la elaboración de mermelada ofrece múltiples ventajas, tanto desde el punto de vista nutricional como desde el punto de vista económico y social. La tuna aporta vitaminas, minerales y fibra, mientras que la panela proporciona carbohidratos y micronutrientes, lo que resulta en un producto con un perfil nutricional equilibrado y beneficioso para la salud. Además, la combinación de ambos ingredientes permite obtener una mermelada con características sensoriales atractivas, como un color intenso, un sabor dulce y ligeramente ácido, y una textura adecuada, lo que contribuye a su aceptación por parte de los consumidores. Desde el punto de vista económico, la elaboración de mermelada de tuna con panela granulada orgánica representa una oportunidad para agregar valor a dos productos locales, generando ingresos adicionales para los productores de tuna y de panela, y fomentando el desarrollo de la agroindustria rural. La comercialización de este producto, tanto en mercados locales como regionales, puede contribuir a dinamizar la economía de las comunidades productoras y a mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Asimismo, la producción de mermelada con ingredientes orgánicos y sostenibles responde a

las tendencias actuales de consumo, que privilegian los alimentos saludables, naturales y producidos de manera responsable, lo que puede abrir oportunidades para la exportación del producto a mercados internacionales. La investigación y el desarrollo de este tipo de productos son fundamentales para promover la diversificación productiva y la sostenibilidad en el sector agropecuario, y para contribuir al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con la seguridad alimentaria, el crecimiento económico y la producción responsable.

### **Proceso de elaboración de la mermelada de tuna y parámetros de calidad**

La mermelada, según lo establecido por el Codex Alimentarius (2004), es un producto elaborado a base de fruta entera, pulpa, puré, extracto acuoso o cáscara de frutos cítricos, que se mezclan con azúcar o edulcorantes como la miel, estevia u otros, hasta alcanzar una consistencia adecuada. La composición nutricional de manera proximal de la mermelada de tuna, variedad blanca, se muestra en la Tabla 4, donde se detallan las cantidades de proteínas, grasas totales, grasas saturadas, grasas trans, fibra, carbohidratos, humedad, cenizas, vitamina C, sodio, calcio, potasio y fósforo por cada 100 g de mermelada.

Tabla 4. Composición nutricional de la mermelada de tuna blanca

| Componentes          | Cantidad por 100 g |
|----------------------|--------------------|
| Proteínas (g)        | 0,7 mg             |
| Grasas totales (g)   | 0,18 mg            |
| Grasas saturadas (g) | 0 mg               |
| Grasas trans (g)     | 0 mg               |
| Fibra (g)            | 0,61 mg            |
| Carbohidratos (g)    | 68 mg              |
| Humedad (%)          | 29,89 mg           |
| Cenizas (g)          | 0,63 mg            |
| Vitamina C (mg)      | 17,6 mg            |
| Sodio (mg)           | 8,5 mg             |
| Calcio (mg)          | 120 mg             |
| Potasio (mg)         | 146,34 mg          |
| Fósforo (ppm)        | 9,45 mg            |

Nota: Paucara (2017).

El proceso de elaboración de la mermelada, descrito por Jiménez y Bonilla (2012), comprende operaciones unitarias desde la recepción, selección, lavado, desinfección, pesado, escaldado, despulpado, formulación, cocción, envasado y almacenado. Durante la obtención de la pulpa, se verifica la concentración de sólidos solubles y el pH, para adicionar la cantidad necesaria de edulcorante y ácido cítrico, de acuerdo al tratamiento deseado. La formulación depende de las características del producto final, utilizando como variables la materia prima, el edulcorante, el espesante y otros insumos. Briz (1969) señala

que la adición del ácido cítrico se realiza para ajustar el pH y evitar la cristalización del azúcar, adicionándose en el momento de la cocción. La pectina, que actúa como espesante, se añade al final del proceso para lograr una buena textura, dependiendo del tipo de fruta. Flores (2012) destaca que en el proceso de elaboración de la mermelada deben tenerse en cuenta medidas estrictas de higiene que aseguren la calidad del producto y la salud del consumidor. La mermelada debe tener un pH entre 3,25 y 3,75, con grados brix de 62 a 68, y no debe contener antisépticos. Jiménez y Bonilla (2012) señalan que los defectos microbiológicos, como el desarrollo de hongos y levaduras, son causados por envases no herméticos o contaminados, almacenamiento en lugares húmedos, solidificación incompleta, bajo contenido de grados brix y entrada de oxígeno en el envase debido a un mal llenado y tapado. Bazán (2019) menciona que la mermelada puede experimentar sinéresis, causada por deficiencia en grados brix y falta de espesante, generando acumulación de agua. También se puede producir una falta de color por un prolongado tiempo de cocción, que genera caramelización del azúcar, o una deficiencia en el enfriado posterior al envasado. Una mermelada poco firme se debe a la incorrecta relación del espesante con el azúcar, una baja presencia de acidez que provoca una deficiente formación de gel y el enfriamiento del producto antes de envasar. Los insumos utilizados en la elaboración de la mermelada incluyen la carboxime-

tilcelulosa (CMC), un compuesto orgánico derivado de la celulosa que se utiliza como espesante y estabilizador, sin color, olor ni toxicidad (Terán y Escalera, 2017). También se emplea el ácido cítrico, una sustancia que se obtiene de frutas cítricas, importante para la gelificación, el brillo, el color y el sabor de la mermelada, así como para evitar la cristalización del azúcar e incrementar la vida útil del producto (Coronado e Hilario, 2001). La cantidad de ácido cítrico varía entre 0,15 y 0,2% del peso total de la mermelada, dependiendo de la fruta utilizada. En el caso de la mermelada de tuna edulcorada con panela granulada orgánica, se busca aprovechar las propiedades de la tuna y la panela para obtener un producto con características sensoriales y nutricionales óptimas, que sea aceptado por los consumidores y que contribuya al desarrollo agroindustrial de la región. La investigación incluyó la elaboración de un diagrama de flujo del proceso, la determinación de características fisicoquímicas como acidez, pH y grados brix, la evaluación sensorial a nivel consumidor para los atributos de color, olor, sabor y textura, el análisis microbiológico del tratamiento con mayor aceptación, y el balance de materia para determinar el rendimiento del proceso. Estos parámetros son esenciales para garantizar la calidad, seguridad y viabilidad comercial del producto final, y para sentar las bases de su futura producción y comercialización. La tuna y la panela, como recursos nativos, representan una oportunidad para el desarrollo de

la agroindustria rural y la generación de valor agregado en el país. Además, la elaboración de mermelada a partir de estos ingredientes promueve el consumo de productos locales y saludables, contribuyendo a la seguridad alimentaria y al desarrollo sostenible de las comunidades productoras, al tiempo que se fomenta la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad de la región.

La evaluación sensorial de la mermelada de tuna edulcorada con panela granulada orgánica se realizó a nivel consumidor, utilizando una escala hedónica para evaluar los atributos de color, olor, sabor y textura. La escala hedónica es un método ampliamente utilizado en la industria alimentaria para medir la aceptación de los productos por parte de los consumidores, ya que permite obtener información directa sobre sus preferencias y niveles de agrado. Los resultados de la evaluación sensorial permitieron identificar el tratamiento con mayor aceptación, que fue sometido a un análisis microbiológico para detectar la presencia de hongos y levaduras, asegurando así la inocuidad del producto. El análisis microbiológico es un paso fundamental en la evaluación de la calidad de los alimentos procesados, ya que garantiza que el producto final sea seguro para el consumo humano y cumpla con los estándares establecidos por la normativa sanitaria. La ausencia de hongos y levaduras en la mermelada es un indicador de que el proceso de elaboración fue adecuado y que el producto se mantendrá estable durante su vida útil. El

balance de materia del proceso de obtención de la mermelada permitió determinar el rendimiento del producto, es decir, la cantidad de mermelada que se obtiene a partir de una cantidad determinada de pulpa de tuna. Este balance es útil para evaluar la eficiencia del proceso y para identificar posibles pérdidas de materia prima durante las diferentes etapas de elaboración, lo que permite optimizar el proceso y reducir los costos de producción. Además, el balance de materia proporciona información sobre la relación entre los insumos y el producto final, lo que es fundamental para la planificación de la producción y para el cálculo de los costos de producción. En conjunto, la evaluación sensorial, el análisis microbiológico y el balance de materia son herramientas esenciales para garantizar la calidad, la seguridad y la eficiencia del proceso de elaboración de la mermelada de tuna edulcorada con panela granulada orgánica, y para asegurar su viabilidad comercial y su aceptación por parte de los consumidores. La investigación sobre la elaboración de mermelada de tuna representa un aporte significativo al conocimiento de los procesos agroindustriales y a la valorización de los recursos nativos del Perú, y sienta las bases para el desarrollo de productos innovadores que puedan contribuir al desarrollo económico y social de las comunidades rurales. La implementación de este tipo de proyectos agroindustriales no solo genera valor agregado a los productos locales, sino que también promueve el empleo y la mejora de la

calidad de vida de los pobladores, al tiempo que fomenta el uso sostenible de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad. La tuna, como recurso nativo de gran potencial, ofrece múltiples oportunidades para la innovación y el desarrollo de productos alimenticios saludables y sostenibles, que pueden posicionarse en mercados nacionales e internacionales, contribuyendo así al desarrollo del sector agroindustrial en el Perú. La panela, como edulcorante natural, complementa esta oferta, ofreciendo un producto con valor agregado que puede ser utilizado en la elaboración de una amplia gama de alimentos procesados. La combinación de ambos ingredientes en la mermelada representa una propuesta innovadora que puede marcar la diferencia en el mercado, ofreciendo un producto con atributos únicos en términos de sabor, textura y valor nutricional. Además, la producción de mermelada de tuna con panela granulada orgánica puede contribuir a la promoción de la agricultura familiar y a la generación de ingresos para los pequeños productores, fortaleciendo las cadenas de valor locales y regionales. La investigación y el desarrollo en este campo son esenciales para aprovechar el potencial de los recursos nativos y para promover un desarrollo económico inclusivo y sostenible en el Perú. La innovación en productos alimenticios a partir de recursos locales no solo responde a las demandas del mercado, sino que también contribuye a la preservación de la identidad cultural y a la valorización de los conocimientos tradicionales, generando un impacto posi-

tivo en el tejido social y en la cohesión de las comunidades rurales. La mermelada de tuna con panela granulada orgánica se presenta, así, como un producto con alto potencial de desarrollo, que puede generar beneficios económicos, sociales y ambientales, y que representa un ejemplo concreto de cómo la agroindustria puede contribuir al desarrollo sostenible de las regiones. La investigación en este campo debe continuar, explorando nuevas formulaciones, optimizando los procesos productivos y evaluando la viabilidad comercial de estos productos, para que puedan llegar a los mercados y beneficiar a un mayor número de personas. La colaboración entre los sectores académico, público y privado es fundamental para lograr estos objetivos, y para promover un desarrollo agroindustrial que sea inclusivo, sostenible y competitivo. La tuna y la panela, dos productos emblemáticos de la tradición agrícola peruana, tienen el potencial de convertirse en motores de desarrollo para las comunidades rurales, generando valor agregado y mejorando la calidad de vida de las personas. La investigación y la innovación son las herramientas que permitirán aprovechar este potencial y construir un futuro más próspero y sostenible para el Perú. La mermelada de tuna con panela granulada orgánica es solo un ejemplo de las múltiples posibilidades que ofrecen los recursos nativos, y un paso en la dirección correcta hacia una agroindustria más diversificada, inclusiva y sostenible. La apuesta por estos productos debe ser firme y continuada,

con el apoyo de políticas públicas que fomenten la investigación, la innovación y la comercialización de productos con valor agregado, y que promuevan la asociatividad y la gestión empresarial en las comunidades productoras. Solo así se podrá lograr un desarrollo rural integral que beneficie a todos los peruanos y que contribuya a construir un país más justo, equitativo y sostenible. La elaboración de mermelada de tuna con panela granulada orgánica es una iniciativa que, aunque modesta, puede tener un impacto significativo en la vida de las comunidades rurales, generando empleo, ingresos y oportunidades de desarrollo, y demostrando que es posible producir alimentos saludables y sostenibles a partir de recursos locales, con tecnología apropiada y con el compromiso de todos los actores involucrados. La investigación y el desarrollo en este campo deben continuar, para seguir explorando nuevas oportunidades y para contribuir a la construcción de un sistema agroalimentario más justo, sostenible y resiliente. La mermelada de tuna con panela granulada orgánica es un producto con un gran potencial, que puede contribuir a la seguridad alimentaria, al desarrollo económico y a la conservación de los recursos naturales, y que representa una oportunidad para que el Perú se posicione como un país productor de alimentos saludables y sostenibles, con valor agregado y con identidad cultural. La apuesta por estos productos es una apuesta por el futuro del país, por el desarrollo de sus comunidades y

por la construcción de una sociedad más próspera y sostenible para todos. La agroindustria rural, basada en el aprovechamiento de recursos locales y en la generación de valor agregado, es una herramienta clave para combatir la pobreza, reducir las desigualdades y promover el desarrollo territorial, y la mermelada de tuna con panela granulada orgánica es un ejemplo de cómo esta herramienta puede ser utilizada de manera efectiva para lograr estos objetivos. La investigación, la innovación y la transferencia tecnológica son los pilares sobre los cuales se debe construir esta agroindustria, y el compromiso de todos los actores involucrados es esencial para su éxito. La tuna y la panela, dos recursos que han sido parte de la tradición alimentaria peruana por siglos, tienen ahora la oportunidad de convertirse en productos modernos y competitivos, que puedan satisfacer las demandas de los consumidores y generar desarrollo para las comunidades que los producen. La mermelada de tuna con panela granulada orgánica es una muestra de esta transformación, y un paso hacia un futuro más próspero y sostenible para el Perú.



## **Capítulo 3**

### **Los recursos y procedimientos para la elaboración de mermelada de tuna endulzada con panela orgánica**

LA TUNA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Una experiencia de transformación en mermelada con panela orgánica

La fase experimental de esta investigación requirió de una cuidadosa selección de materiales, insumos, equipos y reactivos, así como de un riguroso diseño metodológico que permitiera obtener resultados confiables y reproducibles. La elección de la materia prima, los insumos y los equipos no fue arbitraria, sino que respondió a criterios de calidad, disponibilidad y pertinencia para el desarrollo del proceso de elaboración de la mermelada. Asimismo, el diseño experimental y los métodos de análisis empleados garantizaron la validez y la precisión de los datos obtenidos, lo que permitió evaluar de manera objetiva las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del producto final. La pulpa de tuna de la variedad verde, procedente del distrito de Sondorillo, provincia de Huancabamba, fue seleccionada por su disponibilidad en la región y por sus características organolépticas y nutricionales, que la convierten en una materia prima adecuada para la elaboración de mermelada. El transporte de la fruta se realizó en jabas de plástico por vía terrestre hasta el Taller de Procesamiento Agroindustrial, donde se llevó a cabo la fase experimental, asegurando que la materia prima llegara en condiciones óptimas para su procesamiento. Como edulcorante se utilizó panela granulada orgánica, adquirida de la Cooperativa Agraria CAES-Piura, en presentación de 1 kg. La elección de la panela como edulcorante se justifica por su origen natural y su composición nutricional, que aporta mine-

rales y vitaminas, en contraste con el azúcar refinado que solo aporta calorías vacías. Además, la panela granulada orgánica es un producto que se produce en la región, lo que fomenta el desarrollo de la economía local y reduce la dependencia de insumos externos. Para la elaboración de la mermelada se utilizaron insumos como el ácido cítrico, que actúa como potenciador de sabor y regulador de pH, y la carboximetilcelulosa (CMC), que cumple la función de estabilizante y espesante, contribuyendo a la textura y consistencia deseada del producto final. El ácido cítrico es un compuesto orgánico que se encuentra de manera natural en frutas cítricas y que, además de realzar el sabor, ayuda a prevenir la cristalización del azúcar y a prolongar la vida útil del producto. La CMC, por su parte, es un derivado de la celulosa que se utiliza ampliamente en la industria alimentaria por sus propiedades espesantes y estabilizantes, sin aportar color, olor ni toxicidad al producto. La concentración de CMC utilizada en los diferentes tratamientos varió entre 0,5%, 1% y 1,5%, lo que permitió evaluar su efecto sobre la textura y la consistencia de la mermelada. De manera similar, la proporción de pulpa de tuna y edulcorante varió entre 1:0,9, 1:1 y 1:1,1, lo que permitió evaluar el efecto del contenido de azúcar sobre las características sensoriales y fisicoquímicas del producto final. La combinación de estos dos factores de estudio en un diseño factorial de 3x3 permitió evaluar no solo los efectos individuales de cada factor, sino también

su interacción, lo que es fundamental para optimizar la formulación de la mermelada y obtener un producto con las mejores características posibles. La interacción entre la concentración de espesante y la proporción de edulcorante es particularmente relevante, ya que ambos factores afectan la textura y el sabor de la mermelada, y su combinación óptima debe determinarse experimentalmente. Por ejemplo, una mayor concentración de edulcorante puede requerir una mayor concentración de espesante para mantener la consistencia deseada, o viceversa, y esta relación puede variar dependiendo de las características específicas de la pulpa de tuna, como su contenido de pectina y su acidez natural. El estudio de estas interacciones es esencial para el desarrollo de un producto de calidad y para la escalabilidad del proceso a nivel industrial.

Los equipos utilizados en la investigación incluyeron una cocina semi-industrial, que permitió el calentamiento controlado de las mezclas; una balanza analítica de marca Adam Ninbus, para el pesaje preciso de los insumos; una balanza electrónica de 30 kg de la marca YUMIC electronic, para el pesaje de la materia prima; un termómetro con rango de 0 a 100 °C, para el control de la temperatura durante el proceso; un potenciómetro con rango de -2,00 a 16,00 pH de marca HANNA, para la medición del pH; una selladora eléctrica modelo KF-300H, para el sellado de los envases; y un refractómetro con rango de 0 a 80 de marca BOECO Germany, para la medición de los grados

brix. Estos equipos fueron seleccionados por su precisión y confiabilidad, y permitieron realizar las mediciones necesarias para garantizar la calidad del producto final. La cocina semi-industrial proporcionó el calor necesario para la cocción de la mezcla, mientras que la balanza analítica y la balanza electrónica aseguraron la precisión en el pesaje de los insumos y la materia prima. El termómetro y el potenciómetro permitieron el control de la temperatura y el pH durante el proceso, parámetros críticos para la gelificación y la estabilidad de la mermelada. La selladora eléctrica garantizó el sellado hermético de los envases, lo que contribuye a la conservación del producto y a la prevención de la contaminación microbiológica. El refractómetro, finalmente, permitió la medición de los grados brix, un indicador clave de la concentración de sólidos solubles y de la calidad del producto final. Los materiales de trabajo utilizados incluyeron mesa de trabajo, ollas de acero inoxidable de 10 y 30 kg, cucharones de aluminio, cuchillo de acero inoxidable, tazones de aluminio de 5 y 8 kg, utensilios de limpieza, probetas de 100 y 500 ml, vaso de precipitado de 250 ml, soporte universal, jarras de 1000 y 2000 ml, balón de gas, balde de plástico de 18 l, material de protección (guardapolvo, toca, tapaboca y guantes quirúrgicos) y material de limpieza. Estos materiales fueron seleccionados por su durabilidad, facilidad de limpieza y resistencia a las condiciones de procesamiento, y permitieron llevar a cabo las diferentes operaciones unitarias

de manera eficiente y segura. Los reactivos utilizados incluyeron agua destilada, hidróxido de sodio NaOH al 0,1 N y fenolftaleína  $C_{20}H_{14}O_4$  (indicador). El agua destilada se utilizó para la preparación de soluciones y para la limpieza de los equipos; el hidróxido de sodio se empleó en la determinación de la acidez titulable, y la fenolftaleína se utilizó como indicador en la titulación, permitiendo visualizar el punto final de la reacción y asegurar la precisión de la medición de la acidez. La preparación y estandarización de las soluciones se realizó siguiendo procedimientos analíticos estándar, lo que garantiza la precisión de los resultados obtenidos. El uso de reactivos de grado analítico y la calibración periódica de los equipos son aspectos fundamentales para asegurar la confiabilidad de los datos y la reproducibilidad de los resultados, aspectos esenciales en cualquier investigación científica que busca generar conocimiento válido y aplicable. La calibración de los equipos, en particular, es un paso crítico que debe realizarse antes de cada serie de mediciones para asegurar que los resultados sean precisos y comparables.

### **El camino experimental para la obtención de la mermelada de tuna**

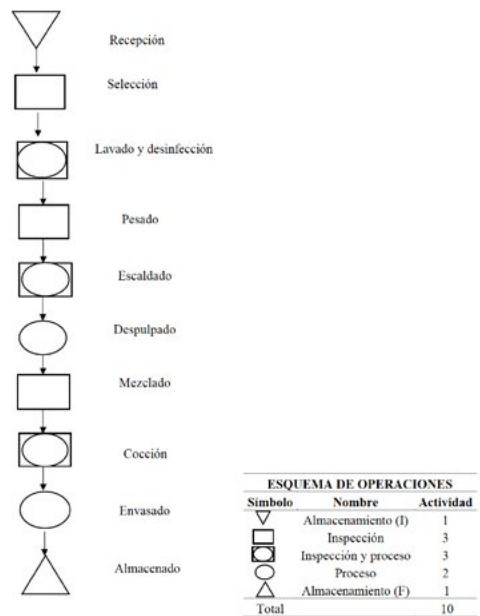
La presente investigación se enmarcó dentro de un diseño experimental puro, con enfoque cuantitativo y alcance exploratorio, lo que permitió la manipulación con-

trolada de las variables independientes y la observación de sus efectos sobre las variables dependientes. El diseño experimental puro se caracteriza por la manipulación intencional de una o más variables independientes para observar su efecto sobre una o más variables dependientes, en condiciones controladas que permiten establecer relaciones de causa y efecto (Condo y Pazmiño, 2015). En este caso, las variables independientes fueron la concentración de edulcorante (panela granulada orgánica) y la concentración de espesante (CMC), mientras que las variables dependientes incluyeron los parámetros físicoquímicos (pH, acidez y grados brix), los parámetros microbiológicos (recuento de hongos y levaduras) y los parámetros sensoriales (color, olor, sabor y textura). El enfoque cuantitativo se justifica por la necesidad de obtener datos numéricos que pudieran ser sometidos a análisis estadístico, como el análisis de varianza (ANOVA) y las pruebas post hoc, para determinar la significancia de las diferencias entre los tratamientos y establecer las relaciones entre las variables. El alcance exploratorio, por su parte, es adecuado para investigaciones que buscan asociar o relacionar el comportamiento de las variables y explorar nuevas posibilidades de formulación y procesamiento. La investigación se realizó en el Taller de Procesamiento Agroindustrial de la Universidad Católica Sedes Sapientiae Filial Morropón, en la ciudad de Chulucanas, durante el período comprendido entre noviembre de 2019

y febrero de 2020. La determinación fisicoquímica de la mermelada se realizó en los ambientes del mismo taller, mientras que el análisis sensorial a nivel de consumidor se llevó a cabo en las instalaciones de la universidad en cuatro sesiones, y el análisis microbiológico se realizó en el laboratorio de la Facultad de Pesquería de la Universidad Nacional de Piura. La ubicación geográfica del taller, a una altitud de 92 m.s.n.m., con latitud sur 05°05'49'' y longitud oeste 80°58'15'' (GeoDatos, 2019), y el período de cuatro meses calendario, permitieron un desarrollo adecuado de la fase experimental, considerando las condiciones climáticas y la disponibilidad de recursos. El proceso de elaboración de la mermelada de tuna variedad blanca, edulcorada con panela granulada orgánica, se llevó a cabo siguiendo un diagrama de operaciones que incluyó las etapas de recepción y selección, lavado y desinfección, pesado, escaldado, despulpado, mezclado, cocción, envasado y almacenado. Cada una de estas operaciones fue estandarizada en cuanto a tiempos, temperaturas y condiciones de trabajo, para asegurar la reproducibilidad del proceso y la consistencia del producto final. La estandarización de las operaciones es un aspecto fundamental en la investigación experimental, ya que permite minimizar la variabilidad entre las repeticiones y asegurar que las diferencias observadas entre los tratamientos se deban efectivamente a los factores de estudio y no a variaciones en las condiciones de procesamiento. Por ejemplo, el tiempo y la

temperatura de cocción fueron controlados rigurosamente para asegurar que todos los tratamientos recibieran el mismo tratamiento térmico, y que las diferencias en las características del producto final se debieran exclusivamente a las diferencias en la formulación. La estandarización también facilita la comparación de los resultados con estudios previos y la transferencia de la tecnología a otros contextos productivos.

Figura 6. Diagrama de operaciones de la mermelada de tuna.



Nota: elaboración propia.

En la etapa de recepción y selección, se utilizaron 30 kg de materia prima (tuna variedad verde), eliminan-

do aquellas frutas con magulladuras o en estado de pudrición, ya que la calidad de la mermelada depende de la calidad de la fruta. Además, se midieron los grados brix, que estuvieron en promedio de 14° y un pH de 4,5, lo que indica que la fruta se encontraba en un estado de madurez adecuado para la elaboración de mermelada. El lavado y la desinfección se realizaron para eliminar partículas de tierra, impurezas y la carga microbiana, utilizando agua clorada a una concentración de 50 ppm de hipoclorito de sodio, lo que garantiza la reducción de microorganismos patógenos y la seguridad del producto final. El pesado de la fruta y de los insumos es una operación fundamental para conocer las pérdidas durante el proceso y para tener un control preciso de las cantidades utilizadas en la formulación, lo que permite el cálculo del rendimiento y la optimización del proceso. El escaldado se realizó a una temperatura de 80°C por un tiempo de 10 minutos, lo que permitió ablandar la cáscara, inactivar enzimas y facilitar el despulpado, mejorando el rendimiento y la calidad de la pulpa obtenida. El despulpado se realizó en una máquina despulpadora, lo que permitió la separación eficiente de la pulpa de la cáscara y las pepas, obteniendo una pulpa homogénea y libre de impurezas. El mezclado consistió en proporcionar las cantidades requeridas de pulpa de tuna, edulcorante (panela granulada orgánica), CMC y ácido cítrico, de acuerdo al diseño experimental establecido para los 9 tratamientos, que se detallan en la Tabla 6. La coc-

ción se realizó a alta temperatura por un tiempo de 25 minutos, durante el cual se añadieron los insumos (CMC y ácido cítrico), permitiendo la concentración de la mezcla, la gelificación y el desarrollo de las características sensoriales del producto. Durante la cocción, se controló la temperatura y el tiempo de manera rigurosa para asegurar que la mermelada alcanzara los grados brix adecuados y que se formara el gel característico de las mermeladas de buena calidad. El envasado se realizó inmediatamente después de la cocción a alta temperatura, lo que permite eliminar microorganismos que puedan encontrarse en el ambiente, aumentar la fluidez y formar un vacío al enfriar el producto, lo que contribuye a su conservación. Finalmente, el almacenado se realizó en envases de vidrio de 250 ml con tapas herméticas, de forma invertida a temperatura ambiente, libre de humedad y evitando la luz directa, condiciones que garantizan la estabilidad y la vida útil del producto. El almacenamiento en posición invertida es una práctica común en la industria de conservas, ya que permite que el calor residual del producto pasteurice la tapa del envase, eliminando posibles microorganismos contaminantes y mejorando la conservación del producto. El control de la temperatura y la humedad durante el almacenamiento es también esencial para mantener la calidad del producto, ya que las condiciones ambientales adversas pueden acelerar el deterioro de la mermelada, afectando su sabor, color y textura. Por lo tanto, se reco-

mienda almacenar la mermelada en un lugar fresco, seco y oscuro, para prolongar su vida útil y preservar sus características organolépticas.

### **Las variables del estudio y el tratamiento estadístico de los datos**

En la investigación se aplicó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial de  $3 \times 3$ , con dos factores de estudio: el factor A, correspondiente a la concentración de espesante (CMC) con tres niveles (0,5%, 1% y 1,5%), y el factor B, correspondiente a la proporción de pulpa de tuna y edulcorante (panela) con tres niveles (1:0,9, 1:1 y 1:1,1). Las variables y los niveles de formulación se presentan en la Tabla 5, mientras que los 9 tratamientos resultantes de la combinación de los niveles de los dos factores se detallan en la Tabla 6. Cada tratamiento se realizó con 2 repeticiones, lo que dio un total de 18 unidades experimentales. En la primera etapa, la unidad experimental fue 1 kg de pulpa de tuna, mientras que en la segunda etapa, la unidad experimental fue un frasco de vidrio de 250 ml de mermelada. El diseño factorial completo de  $3 \times 3$  permite evaluar no solo los efectos principales de cada factor, sino también la interacción entre ambos, lo que es fundamental para determinar si el efecto de un factor depende del nivel del otro. Por ejemplo, es posible que la concentración óptima de edulcoran-

te dependa de la concentración de espesante, o viceversa, y esta interacción solo puede ser evaluada mediante un diseño factorial completo. El uso de dos repeticiones por tratamiento asegura una estimación adecuada del error experimental y permite detectar diferencias significativas entre los tratamientos con un nivel de confianza adecuado. La elección del diseño de bloques completos al azar, con los consumidores como bloques en el análisis sensorial, permite controlar la variabilidad debida a las diferencias en las preferencias individuales de los panelistas, lo que aumenta la precisión de las comparaciones entre tratamientos. En el análisis sensorial, cada consumidor evalúa todos los tratamientos, actuando como un bloque, y la variabilidad entre consumidores se elimina del error experimental, lo que permite detectar diferencias más pequeñas entre los tratamientos. La Tabla 7, por su parte, detalla la identificación de las variables y su mensuración, incluyendo los parámetros fisicoquímicos (pH, acidez y grados brix), los parámetros microbiológicos (recuento de hongos y levaduras) y los parámetros sensoriales (color, olor, sabor y textura). La mensuración de cada variable se realizó siguiendo procedimientos estandarizados y utilizando equipos calibrados, lo que garantiza la precisión y la confiabilidad de los datos obtenidos. La elección de los métodos de medición es crítica para la validez de los resultados, y en este estudio se optó por métodos ampliamente reconocidos y aceptados en la industria alimenta-

ria, como la titulación para la acidez, la potenciometría para el pH y la refractometría para los grados brix.

Tabla 5. Variables y niveles de formulación

| Variables                                           |    | Niveles |
|-----------------------------------------------------|----|---------|
| A: Concentración de espesante (CMC)                 | A1 | 0.5 %   |
|                                                     | A2 | 1 %     |
|                                                     | A3 | 1.5 %   |
| B: Proporción de pulpa de tuna-edulcorante (panela) | B1 | 1: 0,9  |
|                                                     | B2 | 1: 1    |
|                                                     | B3 | 1: 1,1  |

Nota: elaboración propia.

Tabla 6. Tratamientos en la elaboración de mermelada

| N° | Código | Combinación de los tratamientos | Descripción |       |             |
|----|--------|---------------------------------|-------------|-------|-------------|
|    |        |                                 | CMC         | Pulpa | Edulcorante |
| 1  | 471    | A1B1                            | 0,5 %       | 1     | 0,900 kg    |
| 2  | 433    | A1B2                            | 0,5 %       | 1     | 1,000 kg    |
| 3  | 738    | A1B3                            | 0,5 %       | 1     | 1,100 kg    |
| 4  | 678    | A2B1                            | 1 %         | 1     | 0,900 kg    |
| 5  | 256    | A2B2                            | 1 %         | 1     | 1,000 kg    |
| 6  | 999    | A2B3                            | 1 %         | 1     | 1,100 kg    |
| 7  | 428    | A3B1                            | 1,5 %       | 1     | 0,900 kg    |
| 8  | 579    | A3B2                            | 1,5 %       | 1     | 1,000 kg    |
| 9  | 140    | A3B3                            | 1,5 %       | 1     | 1,100 kg    |

Nota: elaboración propia.

Tabla 7. Variables del estudio y su medición

| Variables Independientes                | Variables dependientes     | Mensuración                                                        |                                                         |
|-----------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| A: Concentración de estabilizante (CMC) | Parámetros fisicoquímicos  | pH: Determinado por un Potenciómetro con rango de -0,2 a 16 pH     |                                                         |
|                                         |                            | Acidez: (Titulable) expresado en %, determinado mediante formula   |                                                         |
|                                         |                            | Grados brix: Determinado por un refractómetro con rango de 0 a 80° |                                                         |
| B: Proporción pulpa-edulcorante         | Parámetros microbiológicos | Recuento de hongos: UFC/g-ICMSF                                    |                                                         |
|                                         |                            | Recuento de levaduras: UFC/g-ICMSF                                 |                                                         |
|                                         | Parámetros sensoriales     | Color                                                              | Ficha de evaluación sensorial, mediante escala hedónica |
|                                         |                            | Olor                                                               |                                                         |
|                                         |                            | Sabor                                                              |                                                         |
|                                         |                            | Textura                                                            |                                                         |

Nota: elaboración propia.

La determinación de las características fisicoquímicas de la mermelada se realizó siguiendo procedimientos estandarizados, que son ampliamente reconocidos en la industria alimentaria y en la investigación académica. Para la acidez, se pesaron 10 g de mermelada y se añadieron 3 gotas de fenolftaleína como indicador, procediendo a la titulación con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N, y calculando el porcentaje de acidez con la fórmula correspondiente, utilizando la constante del ácido cítrico (0,064) y un factor de corrección de 0,9925. La acidez titulable es un parámetro importante que influye en el sabor y en la estabilidad de la mermelada, y su medición

precisa es esencial para el control de calidad del producto. Para el pH, se calibró el potenciómetro y se introdujo el electrodo en la muestra de mermelada, registrando el valor para cada uno de los 9 tratamientos. El pH es un factor crítico en la formación del gel y en la conservación de la mermelada, ya que influye en la actividad de la pectina y en el crecimiento de microorganismos. Para los grados brix, se colocó una pequeña muestra de mermelada en el refractómetro y se realizó la medición para los 9 tratamientos, cada uno con 2 repeticiones. Los grados brix indican la concentración de sólidos solubles, principalmente azúcares, y son un indicador clave de la calidad y la consistencia de la mermelada. El análisis microbiológico de la mermelada se realizó en el laboratorio de ensayos de la Universidad Nacional de Piura, siguiendo el método de la ICMSF (2da edición, 1993, reimpresión 2000) para el recuento de mohos y levaduras, asegurando que los resultados se encontraran dentro del rango establecido por la Resolución Ministerial N° 591-MINSA (2008). El recuento de mohos y levaduras es un indicador de la calidad microbiológica del producto y de su estabilidad durante el almacenamiento, y su determinación es obligatoria para garantizar la inocuidad de los alimentos procesados. El cálculo para el rendimiento de la mermelada (balance de materia) se realizó aplicando las ecuaciones de balance total y balance parcial, que permitieron determinar las entradas y salidas del proceso y el rendimiento

del producto final. El balance de materia es una herramienta fundamental para evaluar la eficiencia del proceso y para identificar posibles pérdidas de materia prima durante las diferentes etapas de elaboración, lo que permite optimizar el proceso y reducir los costos de producción. El diseño estadístico del experimento se basó en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial de  $3 \times 3$ , con 9 tratamientos y 2 repeticiones. El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + \alpha\gamma_{ij} + \beta_l + e_{ij}$$

Donde  $Y_{ijkl}$  es la respuesta en puntaje en el color, sabor, olor y textura de la mermelada;  $\mu$  es el efecto de la media general;  $\alpha_i$  es el efecto del  $i$ -ésimo edulcorante;  $\gamma_j$  es el efecto del  $j$ -ésimo espesante;  $\alpha\gamma_{ij}$  es el efecto de la interacción entre el edulcorante y el espesante;  $\beta_l$  es el efecto del  $l$ -ésimo consumidor; y  $e_{ij}$  es el efecto del error experimental. El análisis estadístico de los datos se realizó con el software estadístico INFOSTAT versión 2020, mediante el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 5%. Cuando se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan (POST ANOVA) para identificar qué tratamientos eran diferentes entre sí y para determinar las mejores combinaciones de los niveles de los factores. La prueba de Duncan es una prueba post hoc que permite comparar todos los pares de medias

y agrupar los tratamientos según su comportamiento, lo que facilita la interpretación de los resultados y la identificación de las mejores formulaciones. Este enfoque estadístico riguroso garantiza que los resultados obtenidos sean confiables y que las conclusiones derivadas del estudio estén bien fundamentadas. La elección del diseño experimental y los métodos de análisis estadístico adecuados es fundamental para asegurar la validez de la investigación y para que los resultados puedan ser generalizados a otras condiciones y contextos similares. La combinación de un diseño experimental robusto, métodos analíticos precisos y un análisis estadístico riguroso proporciona una base sólida para la toma de decisiones en la optimización de la formulación de la mermelada de tuna edulcorada con panela granulada orgánica. El análisis de varianza permite determinar si las diferencias observadas entre los tratamientos son estadísticamente significativas, es decir, si es probable que se deban a los factores de estudio y no al azar, mientras que las pruebas post hoc identifican qué tratamientos son específicamente diferentes entre sí, permitiendo seleccionar la mejor combinación de factores para obtener el producto con las características deseadas. En el contexto de la elaboración de mermelada, estos análisis son esenciales para determinar la formulación que optimiza el sabor, la textura y la estabilidad del producto, y para garantizar su aceptación por parte de los consumidores. La aplicación de estas herramientas estadísticas,

junto con la rigurosidad en la ejecución del experimento y en la medición de las variables, asegura que los resultados sean confiables y que las conclusiones estén sólidamente respaldadas por la evidencia.



## **Capítulo 4**

### **Los resultados obtenidos en la elaboración de la mermelada de tuna**

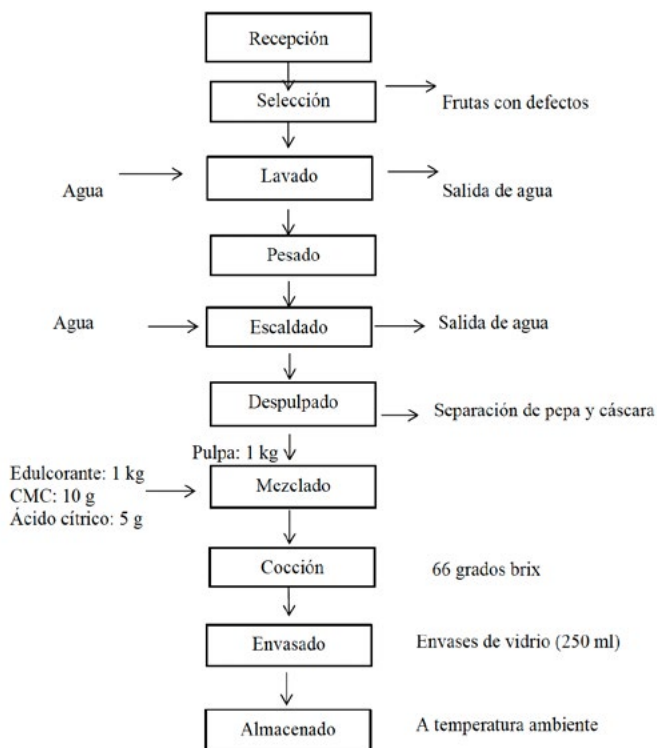
LA TUNA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Una experiencia de transformación en mermelada con panela orgánica

El proceso de obtención de la mermelada de tuna variedad blanca, edulcorada con panela granulada orgánica, se llevó a cabo siguiendo un diagrama de flujo que comprendió diez operaciones unitarias, las cuales se detallan en la Figura 7. Estas operaciones incluyeron la recepción y selección de la materia prima, el lavado y desinfección, el pesado, el escaldado, el despulrado, el mezclado, la cocción, el envasado y el almacenado. Cada una de estas etapas fue cuidadosamente controlada para asegurar la calidad y la consistencia del producto final. La estandarización de las operaciones es fundamental en la elaboración de mermeladas, ya que permite obtener un producto homogéneo y reproducible, con características fisicoquímicas y sensoriales estables. El diagrama de flujo, presentado en la Figura 7, muestra de manera gráfica y secuencial cada una de las operaciones realizadas, lo que facilita la comprensión del proceso y su posible replicación en otros contextos productivos. La inclusión de un diagrama de flujo detallado es una práctica común en la industria alimentaria y en la investigación agroindustrial, ya que permite visualizar de manera clara y ordenada las etapas del proceso, identificar los puntos críticos de control y estandarizar las operaciones para garantizar la calidad del producto final. La recepción y selección de la materia prima es una etapa crítica, ya que la calidad de la fruta influye directamente en las características del producto final. La tuna debe ser seleccionada en su punto

óptimo de madurez, sin magulladuras ni signos de pudrición, para asegurar un contenido adecuado de azúcares y ácidos, y para evitar la presencia de microorganismos que puedan afectar la calidad del producto. El lavado y la desinfección con agua clorada son esenciales para reducir la carga microbiana y garantizar la inocuidad del producto. El escaldado, por su parte, permite ablandar la cáscara, inactivar enzimas que podrían provocar cambios de color y sabor, y facilitar el despulpado. El despulpado, realizado con una máquina despulpadora, permite separar la pulpa de la cáscara y las semillas, obteniendo una pulpa homogénea y libre de impurezas, que es la base para la elaboración de la mermelada.

Figura 7. Diagrama de flujo de la mermelada de tuna.



Nota: elaboración propia.

## Las características fisicoquímicas de la mermelada de tuna

La determinación de las características fisicoquímicas de la mermelada es un aspecto fundamental para evaluar su calidad y su conformidad con los estándares establecidos por la normativa vigente. Los parámetros

analizados incluyeron el porcentaje de acidez, el pH y los grados brix, los cuales son indicadores clave de la calidad, la estabilidad y la aceptabilidad del producto. El porcentaje de acidez, expresado como ácido cítrico, es un parámetro que influye en el sabor y en la conservación de la mermelada, y debe encontrarse dentro de un rango específico para garantizar la formación adecuada del gel y la estabilidad microbiológica del producto. Los resultados promedios del porcentaje de acidez de la mermelada se presentan en la Tabla 8 y muestran que los valores estuvieron en un rango de 1,14% a 1,19%. El tratamiento 5, que fue el de mayor aceptación, obtuvo un valor de 1,17%, encontrándose dentro del rango establecido para mermeladas según la norma del Codex Alimentarius. Este rango de acidez es adecuado para asegurar la gelificación de la pectina y para proporcionar el sabor agradable característico de las mermeladas de fruta. La acidez de la mermelada está influenciada por la acidez natural de la fruta y por la adición de ácido cítrico durante el proceso de elaboración. En el caso de la tuna, que presenta una acidez natural moderada, la adición de ácido cítrico permitió ajustar el pH y mejorar el sabor del producto final. La acidez también actúa como un conservante natural, inhibiendo el crecimiento de microorganismos y prolongando la vida útil del producto. Es importante destacar que los valores de acidez obtenidos en los diferentes tratamientos fueron bastante homogéneos, lo que indica que el proceso de elaboración

fue consistente y que las variaciones en la formulación no afectaron significativamente este parámetro. La acidez es un factor determinante en la percepción del sabor, ya que un nivel adecuado de acidez realza el dulzor y proporciona un equilibrio que hace que la mermelada sea más agradable al paladar. Un nivel de acidez demasiado bajo puede resultar en un producto insípido, mientras que un nivel demasiado alto puede ser desagradable y causar rechazo en los consumidores. Por lo tanto, el control de la acidez es esencial para asegurar la aceptación del producto final. Además, la acidez influye en la capacidad de gelificación de la pectina, un polisacárido presente en la fruta que forma una red tridimensional cuando se combina con azúcar y ácido en condiciones de alta temperatura. Una acidez adecuada favorece la formación del gel, dando como resultado una mermelada con la consistencia deseada. La adición de ácido cítrico, en este caso, no solo ajustó la acidez, sino que también contribuyó a mejorar el brillo y el color de la mermelada, ya que los ácidos orgánicos ayudan a preservar los pigmentos naturales de la fruta.

Tabla 8. Porcentaje de acidez de la mermelada

| Porcentaje de acidez |       |                   |          |
|----------------------|-------|-------------------|----------|
| Tratamiento          | CMC   | Pulpa-Edulcorante | Promedio |
| 1                    | 0,5 % | 1 a 0,900 kg      | 1,15 %   |
| 2                    | 0,5%  | 1 a 1,000 kg      | 1,17 %   |
| 3                    | 0,5%  | 1 a 1,100 kg      | 1,18 %   |
| 4                    | 1%    | 1 a 0,900 kg      | 1,14 %   |

| Porcentaje de acidez |      |                   |          |
|----------------------|------|-------------------|----------|
| Tratamiento          | CMC  | Pulpa-Edulcorante | Promedio |
| 5                    | 1%   | 1 a 1,000 kg      | 1,17 %   |
| 6                    | 1%   | 1 a 1,100 kg      | 1,18 %   |
| 7                    | 1,5% | 1 a 0,900 kg      | 1,16 %   |
| 8                    | 1,5% | 1 a 1,000 kg      | 1,16 %   |
| 9                    | 1,5% | 1 a 1,100 kg      | 1,19 %   |

Nota: elaboración propia.

El nivel de pH es otro parámetro crítico en la elaboración de mermeladas, ya que influye en la gelificación, el sabor, el color y la estabilidad microbiológica del producto. El pH de la mermelada debe ser suficientemente bajo para favorecer la formación del gel y para inhibir el crecimiento de microorganismos, pero no tan bajo como para que el producto resulte demasiado ácido para el consumo. Los resultados promedios del pH de la mermelada se presentan en la Tabla 9 y muestran que los valores estuvieron en un rango de 3,61 a 3,67. El tratamiento 5, que logró la mayor aceptación, obtuvo un pH de 3,63, encontrándose dentro del rango establecido por la Norma Técnica Peruana para mermeladas. Este rango de pH es adecuado para asegurar la gelificación de la pectina y para proporcionar un sabor equilibrado, sin resultar excesivamente ácido. El pH de la mermelada está influenciado por la acidez natural de la fruta y por la adición de ácido cítrico. En el caso de la tuna, el pH natural de la fruta es relativamente alto, por lo que la adición de ácido cítrico fue necesaria

para ajustar el pH al rango deseado. La adición de ácido cítrico también contribuye a mejorar el sabor y a realzar el color de la mermelada. Los valores de pH obtenidos en los diferentes tratamientos fueron bastante consistentes, lo que indica que el proceso de elaboración fue controlado y que las variaciones en la formulación no afectaron significativamente este parámetro. La medición precisa del pH es esencial para garantizar la calidad y la estabilidad del producto, y debe realizarse utilizando un potenciómetro calibrado, siguiendo procedimientos estandarizados. El pH también juega un papel importante en la actividad de la pectina, ya que la pectina requiere un pH ácido para formar un gel estable. Si el pH es demasiado alto, la pectina no gelificará adecuadamente, resultando en una mermelada líquida o con una consistencia deficiente. Por otro lado, si el pH es demasiado bajo, la mermelada puede ser demasiado ácida y desagradable al gusto. Por lo tanto, el control del pH es crucial para lograr el equilibrio adecuado entre la gelificación y el sabor. Además, el pH influye en la estabilidad microbiológica del producto, ya que la mayoría de los microorganismos patógenos y alterantes no pueden crecer en ambientes ácidos. Un pH por debajo de 4,5 es generalmente suficiente para inhibir el crecimiento de bacterias patógenas, lo que contribuye a la seguridad y a la prolongación de la vida útil de la mermelada.

Tabla 9. Resultados del pH en la mermelada

| pH          |       |                   |          |
|-------------|-------|-------------------|----------|
| Tratamiento | CMC   | Pulpa-Edulcorante | Promedio |
| 1           | 0,5 % | 1 a 0,900 kg      | 3,61     |
| 2           | 0,5 % | 1 a 1,000 kg      | 3,62     |
| 3           | 0,5 % | 1 a 1,100 kg      | 3,65     |
| 4           | 1 %   | 1 a 0,900 kg      | 3,63     |
| 5           | 1 %   | 1 a 1,000 kg      | 3,63     |
| 6           | 1 %   | 1 a 1,100 kg      | 3,62     |
| 7           | 1,5 % | 1 a 0,900 kg      | 3,64     |
| 8           | 1,5 % | 1 a 1,000 kg      | 3,65     |
| 9           | 1,5 % | 1 a 1,100 kg      | 3,67     |

Nota: elaboración propia.

Los grados brix, que indican la concentración de sólidos solubles totales, principalmente azúcares, son un parámetro clave en la elaboración de mermeladas, ya que determinan la consistencia, la dulzura y la estabilidad del producto. Un contenido adecuado de sólidos solubles es necesario para garantizar la formación del gel, la textura adecuada y la conservación del producto. Los resultados promedios de los grados brix de la mermelada se presentan en la Tabla 10 y muestran que los valores estuvieron en un rango de 65 a 68. El tratamiento 5, que fue el de mayor aceptación, obtuvo 66 grados brix, encontrándose dentro del rango establecido por la Norma Técnica Peruana. Este rango de grados brix es adecuado para asegurar una consistencia adecuada y una dulzura equilibrada. Los

grados brix de la mermelada están determinados por la cantidad de azúcar añadida durante la elaboración y por la concentración de azúcares naturales presentes en la fruta. En el caso de la mermelada de tuna, la adición de panela granulada orgánica como edulcorante permitió alcanzar los grados brix deseados, proporcionando un dulzor natural y un perfil nutricional mejorado en comparación con el azúcar refinado. La medición de los grados brix se realizó utilizando un refractómetro, un instrumento que mide el índice de refracción de la muestra y lo relaciona con la concentración de sólidos solubles. Los valores obtenidos fueron consistentes con lo esperado para una mermelada de buena calidad, y demostraron que las diferentes formulaciones permitieron alcanzar los grados brix requeridos para garantizar la estabilidad y la aceptabilidad del producto. La combinación de un adecuado contenido de sólidos solubles con los niveles de acidez y pH adecuados asegura que la mermelada tenga una textura agradable, un sabor equilibrado y una buena estabilidad durante el almacenamiento. Los grados brix también influyen en la vida útil del producto, ya que un alto contenido de azúcar reduce la actividad de agua, lo que inhibe el crecimiento de microorganismos y prolonga la conservación de la mermelada. La panela, al ser un producto natural que contiene azúcares como sacarosa, glucosa y fructosa, contribuye a alcanzar los grados brix necesarios para la gelificación, a la vez que aporta un sabor característico y

un contenido de minerales beneficioso para la salud. El uso de panela en lugar de azúcar refinado es una opción saludable y sostenible, que puede ser atractiva para los consumidores que buscan productos naturales y con un menor impacto ambiental, lo que añade un valor adicional al producto final.

Tabla 10. Grados Brix de la mermelada

| Grados brix |       |                   |          |
|-------------|-------|-------------------|----------|
| Tratamiento | CMC   | Pulpa-Edulcorante | Promedio |
| 1           | 0,5 % | 1 a 0,900 kg      | 65       |
| 2           | 0,5%  | 1 a 1,000 kg      | 66       |
| 3           | 0,5%  | 1 a 1,100 kg      | 67       |
| 4           | 1%    | 1 a 0,900 kg      | 65       |
| 5           | 1%    | 1 a 1,000 kg      | 66       |
| 6           | 1%    | 1 a 1,100 kg      | 67       |
| 7           | 1,5%  | 1 a 0,900 kg      | 66       |
| 8           | 1,5%  | 1 a 1,000 kg      | 68       |
| 9           | 1,5%  | 1 a 1,100 kg      | 68       |

Nota: elaboración propia.

**La evaluación sensorial y la aceptabilidad de la mermelada de tuna**

La evaluación sensorial es una herramienta fundamental en el desarrollo de nuevos productos alimenticios, ya que permite determinar la aceptación de los consumidores y orientar las decisiones de formulación y procesamiento. En esta investigación, se realizó una evaluación

sensorial a nivel consumidor para los atributos de color, olor, sabor y textura, utilizando una escala hedónica. Los resultados de la evaluación sensorial fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas post hoc, para determinar la significancia de las diferencias entre los tratamientos y para identificar la formulación con mayor aceptación. El análisis de varianza para el color, presentado en la Tabla 11, mostró que el edulcorante ( $p$ -valor = 0,0001) y el bloque considerado como los consumidores ( $p$ -valor = 0,0001) presentaron significancia estadística, mientras que el espesante ( $p$ -valor = 0,0655) y la interacción entre el espesante y el edulcorante ( $p$ -valor = 0,7594) no fueron significativos. Esto indica que la cantidad de edulcorante utilizada tuvo un efecto significativo en la percepción del color de la mermelada, mientras que la cantidad de espesante no afectó significativamente este atributo. La falta de interacción entre los factores sugiere que los efectos del edulcorante y del espesante sobre el color son independientes. Los resultados del análisis post hoc mostraron que el nivel a2 de edulcorante (1000 g de panela) obtuvo la mayor aceptación en cuanto al color, como se observa en la Figura 8. Esto sugiere que una cantidad intermedia de edulcorante proporciona un color más atractivo a la mermelada, posiblemente debido a la interacción entre los pigmentos de la tuna y los compuestos de la panela. El color es un atributo importante en la aceptación de los alimentos, ya que

influye en la percepción inicial del producto y en las expectativas del consumidor. Una mermelada con un color atractivo, intenso y uniforme tiende a ser percibida como de mayor calidad y a ser más aceptada por los consumidores. La panela, al ser un producto oscuro, puede influir en el color final de la mermelada, y una cantidad adecuada permite obtener un tono equilibrado que resalta el color característico de la tuna sin opacarlo. El color de la mermelada también puede variar según la variedad de tuna utilizada, por lo que es importante seleccionar la materia prima adecuada para obtener el color deseado. En este caso, la tuna variedad blanca, combinada con la panela, produjo una mermelada de un color ámbar atractivo, que fue bien valorada por los consumidores. Además, el color de la mermelada puede ser un indicador de la calidad del procesamiento, ya que un color uniforme y brillante sugiere que el producto ha sido bien elaborado y que no ha sufrido alteraciones durante la cocción, como la caramelización excesiva del azúcar, que podría dar lugar a un color oscuro y un sabor amargo.

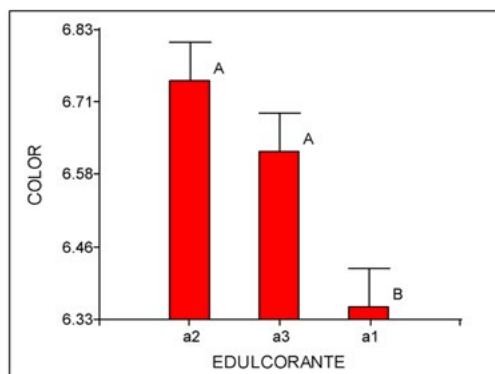
Tabla 11. ANOVA del color de la mermelada

| Fuente de variación        | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F    | p-valor |
|----------------------------|-------------------|--------------------|------------------|------|---------|
| Espesante                  | 2,14              | 2                  | 1,07             | 2,76 | 0,0655  |
| Edulcorante                | 7,12              | 2                  | 3,56             | 9,17 | 0,0001  |
| Consumidor                 | 106,02            | 29                 | 3,66             | 9,42 | <0,0001 |
| Espesante*E-<br>dulcorante | 0,73              | 4                  | 0,18             | 0,47 | 0,7594  |

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F | p-valor |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|---|---------|
| Error               | 90,01             | 232                | 0,39             |   |         |
| Total               | 206,02            | 269                |                  |   |         |

Nota: elaboración propia.

Figura 8. Evaluación sensorial del color



Nota: elaboración propia.

El análisis de varianza para el olor, presentado en la Tabla 12, mostró que el espesante ( $p\text{-valor} = 0,0001$ ), el edulcorante ( $p\text{-valor} = 0,0001$ ), el bloque consumidor ( $p\text{-valor} = 0,0001$ ) y la interacción entre el espesante y el edulcorante ( $p\text{-valor} = 0,0002$ ) presentaron significancia estadística. Esto indica que todos los factores estudiados, incluida la interacción, afectaron significativamente la percepción del olor de la mermelada. La interacción significativa sugiere que el efecto del edulcorante sobre el olor depende del nivel de espesante utilizado, y viceversa. Los resultados del análisis post hoc, presentados en la Ta-

bla 13 y en las Figuras 9 y 10, mostraron que la combinación del nivel a2 de edulcorante (1000 g) y el nivel b2 de espesante (1%) obtuvo la mayor aceptación en cuanto al olor, con un puntaje de 7,67 en la escala hedónica. Esto indica que la formulación con una cantidad intermedia de edulcorante y una cantidad intermedia de espesante fue la que mejor se adaptó a las preferencias de los consumidores en términos de aroma. El olor es un atributo sensorial que influye en la percepción del sabor y en la aceptación global del producto. Un aroma agradable, que recuerde a la fruta fresca, es un factor clave para la aceptación de una mermelada. La combinación de panela y tuna puede generar un aroma complejo y atractivo, que fue percibido positivamente por los consumidores en la formulación óptima. El olor de la mermelada se debe a los compuestos volátiles presentes en la fruta y a los generados durante el proceso de cocción. La panela, al ser un producto con un aroma característico a caramelo y caña de azúcar, puede complementar el aroma afrutado de la tuna, creando un perfil olfativo más complejo y agradable. La cantidad de espesante también puede influir en la liberación de compuestos volátiles, ya que una textura más viscosa puede retener estos compuestos y modificar la percepción del olor. Por lo tanto, la combinación adecuada de estos factores es crucial para obtener un aroma atractivo. Además, el olor de la mermelada puede ser un indicador de su frescura y calidad, ya que un aroma intenso y agradable su-

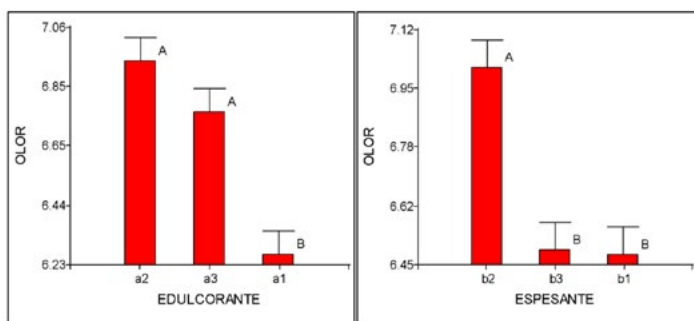
giere que el producto ha sido elaborado con ingredientes de buena calidad y que no ha sufrido alteraciones durante el almacenamiento, como la oxidación de los compuestos volátiles o el desarrollo de olores desagradables debido a la contaminación microbiana.

Tabla 12. ANOVA del olor de la mermelada

| Fuente de variación   | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F     | p-valor |
|-----------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------|---------|
| Espesante             | 16,72             | 2                  | 8,36             | 14,69 | <0,0001 |
| Edulcorante           | 22,23             | 2                  | 11,11            | 19,54 | <0,0001 |
| Consumidor            | 136,87            | 29                 | 4,72             | 8,3   | <0,0001 |
| Espesante*edulcorante | 12,84             | 4                  | 3,21             | 5,64  | 0,0002  |
| Error                 | 131,99            | 232                | 0,57             |       |         |
| Total                 | 320,65            | 269                |                  |       |         |

Nota: elaboración propia.

Figura 9. Gráfica de evaluación sensorial respecto al olor.



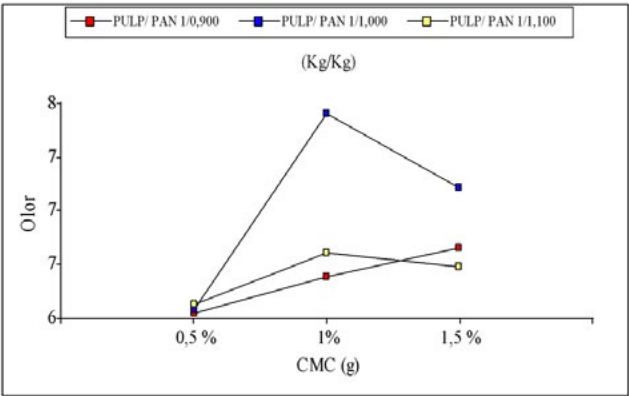
Nota: elaboración propia.

Tabla 13. Post-ANOVA de la interacción espesante × edulcorante en el olor

| Edulcorante | Espesante | Medias | n  | E.E. |   |   |   |
|-------------|-----------|--------|----|------|---|---|---|
| a2          | b2        | 7,67   | 30 | 0,14 | A |   |   |
| a3          | b2        | 7,1    | 30 | 0,14 | B |   |   |
| a3          | b1        | 6,7    | 30 | 0,14 | C |   |   |
| a2          | b3        | 6,67   | 30 | 0,14 | C | D |   |
| a3          | b3        | 6,5    | 30 | 0,14 | C | D | E |
| a2          | b1        | 6,5    | 30 | 0,14 | C | D | E |
| a1          | b3        | 6,3    | 30 | 0,14 | C | D | E |
| a1          | b2        | 6,27   | 30 | 0,14 |   | D | E |
| a1          | b1        | 6,23   | 30 | 0,14 |   |   | E |

Nota: elaboración propia.

Figura 10. Gráfica de interacción respecto al olor.



Nota: elaboración propia.

El análisis de varianza para el sabor, presentado en la Tabla 14, mostró que el espesante ( $p$ -valor = 0,0041),

el edulcorante ( $p$ -valor = 0,0001), el bloque consumidor ( $p$ -valor = 0,0001) y la interacción entre el espesante y el edulcorante ( $p$ -valor = 0,0009) presentaron significancia estadística. Esto indica que todos los factores y su interacción afectaron significativamente la percepción del sabor de la mermelada. El sabor es el atributo más importante en la aceptación de un alimento, y los resultados de este análisis indican que la combinación adecuada de edulcorante y espesante es crucial para obtener un sabor agradable. Los resultados del análisis post hoc, presentados en la Tabla 15 y en las Figuras 11 y 12, mostraron que la combinación del nivel a2 de edulcorante (1000 g) y el nivel b2 de espesante (1%) obtuvo la mayor aceptación en cuanto al sabor, con un puntaje de 7,53 en la escala hedónica. Esta formulación fue significativamente diferente de las demás, lo que confirma que el equilibrio entre la dulzura de la panela y la acidez de la tuna es fundamental para la aceptación del sabor. La panela proporciona un dulzor característico, con notas a caramelo, que combina bien con el sabor ligeramente ácido y afrutado de la tuna. La adición de ácido cítrico y el control del pH permiten resaltar estos sabores y obtener un producto final equilibrado y agradable al paladar. La aceptación del sabor es un factor determinante para el éxito comercial de un producto, y los resultados de esta investigación indican que la mermelada de tuna edulcorada con panela granulada orgánica tiene un alto potencial de aceptación entre los consumidores. El

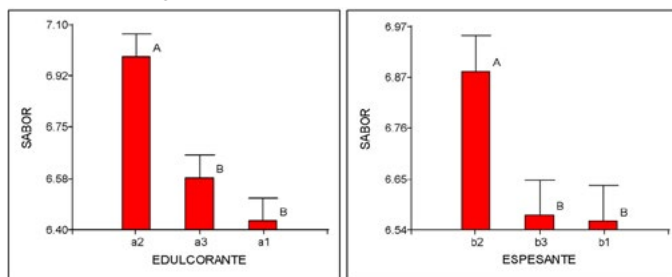
sabor de la mermelada está influenciado por varios factores, incluyendo la proporción de fruta y azúcar, el tipo de edulcorante, la acidez y el tiempo de cocción. La panela, al ser un producto natural con un sabor más complejo que el azúcar refinado, puede realzar el sabor afrutado de la tuna y proporcionar un perfil de sabor más interesante. El tiempo de cocción también es importante, ya que una cocción prolongada puede caramelizar los azúcares y dar lugar a un sabor a quemado, mientras que una cocción insuficiente puede resultar en un sabor a crudo. La cantidad de espesante también puede afectar la percepción del sabor, ya que una textura más espesa puede modificar la liberación de los compuestos del sabor en la boca. Por lo tanto, el control de todos estos factores es esencial para lograr un sabor equilibrado y agradable.

Tabla 14. ANOVA del sabor de la mermelada

| Fuente de variación   | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F     | p-valor |
|-----------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------|---------|
| Espesante             | 6,02              | 2                  | 3,01             | 5,63  | 0,0041  |
| Edulcorante           | 14,96             | 2                  | 7,48             | 13,99 | <0,0001 |
| Consumidor            | 134,67            | 29                 | 4,64             | 8,69  | <0,0001 |
| Espesante*edulcorante | 10,36             | 4                  | 2,59             | 4,84  | 0,0009  |
| Error                 | 124               | 232                | 0,53             |       |         |
| Total                 | 290               | 269                |                  |       |         |

Nota: elaboración propia.

Figura 11. Evaluación sensorial del sabor



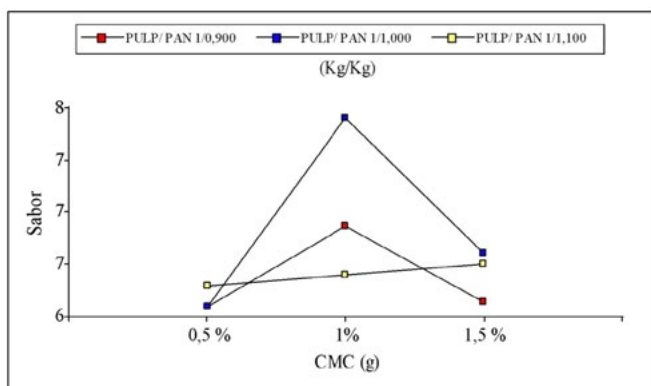
Nota: elaboración propia.

Tabla 15. Post-ANOVA de la interacción espesante × edulcorante en el sabor

| Edulcorante | Espesante | Medias | n  | E.E. |   |   |
|-------------|-----------|--------|----|------|---|---|
| a2          | b2        | 7,53   | 30 | 0,13 | A |   |
| a2          | b1        | 6,87   | 30 | 0,13 | B |   |
| a3          | b2        | 6,7    | 30 | 0,13 | B | C |
| a3          | b3        | 6,63   | 30 | 0,13 | B | C |
| a2          | b3        | 6,57   | 30 | 0,13 | B | C |
| a1          | b3        | 6,5    | 30 | 0,13 | B | C |
| a3          | b1        | 6,4    | 30 | 0,13 |   | C |
| a1          | b1        | 6,4    | 30 | 0,13 |   | C |
| a1          | b2        | 6,4    | 30 | 0,13 |   | C |

Nota: elaboración propia.

Figura 12. Gráfica de interacción respecto al sabor.



Nota: elaboración propia.

El análisis de varianza para la textura, presentado en la Tabla 16, mostró que el espesante ( $p$ -valor = 0,0001), el edulcorante ( $p$ -valor = 0,0001) y el bloque consumidor ( $p$ -valor = 0,0001) presentaron significancia estadística, mientras que la interacción entre el espesante y el edulcorante ( $p$ -valor = 0,0887) no fue significativa. Esto indica que los factores individuales, pero no su interacción, afectaron la percepción de la textura de la mermelada. La textura es un atributo importante que influye en la experiencia de consumo, y la cantidad de espesante y de edulcorante son factores clave para determinar la consistencia de la mermelada. Los resultados del análisis post hoc, presentados en la Figura 13, mostraron que el nivel b2 de espesante (1%) y el nivel a2 de edulcorante (1000 g) obtuvieron la mayor aceptación en cuanto a la textura.

Esto indica que una cantidad intermedia de espesante y de edulcorante permite obtener una mermelada con una consistencia adecuada, ni demasiado líquida ni demasiado firme. La CMC, utilizada como espesante, contribuye a la viscosidad y a la estabilidad de la mermelada, y su concentración debe ser cuidadosamente controlada para obtener la textura deseada. La combinación de los niveles óptimos de edulcorante y espesante permite obtener una textura suave, homogénea y untable, que fue apreciada por los consumidores. La textura de una mermelada es un atributo que influye en su facilidad de uso y en la percepción de calidad, y su optimización es esencial para asegurar la aceptación del producto final. La textura de la mermelada está determinada por la formación del gel, que depende de la concentración de pectina, azúcar y ácido, así como del tiempo y la temperatura de cocción. La pectina, que se encuentra naturalmente en la tuna, forma una red tridimensional cuando se combina con azúcar y ácido en condiciones de alta temperatura, dando lugar a la textura característica de la mermelada. La adición de CMC, como espesante, ayuda a estabilizar la textura y a mejorar la consistencia del producto, especialmente cuando la fruta tiene un bajo contenido de pectina. El control de la temperatura durante la cocción también es fundamental, ya que una temperatura demasiado alta puede degradar la pectina y resultar en una textura débil, mientras que una temperatura demasiado baja puede no ser suficiente para

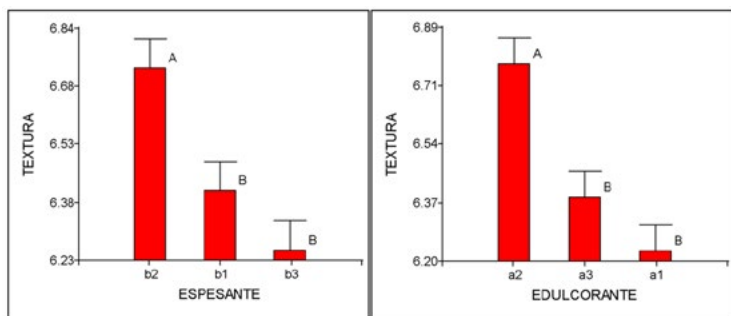
activar la pectina y formar el gel. La cantidad de azúcar también influye en la textura, ya que el azúcar ayuda a retener el agua y a dar cuerpo a la mermelada. Por lo tanto, la optimización de todos estos factores es esencial para obtener una textura agradable y consistente.

Tabla 16. ANOVA de la textura de la mermelada

| Fuente de variación   | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F     | p-valor |
|-----------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------|---------|
| Espesante             | 10,69             | 2                  | 5,34             | 10,2  | 0,0001  |
| Edulcorante           | 14,16             | 2                  | 7,08             | 13,51 | <0,0001 |
| Consumidor            | 88,53             | 29                 | 3,05             | 5,83  | <0,0001 |
| Espesante*edulcorante | 4,29              | 4                  | 1,07             | 2,05  | 0,0887  |
| Error                 | 121,53            | 232                | 0,52             |       |         |
| Total                 | 239,2             | 269                |                  |       |         |

Nota: elaboración propia.

Figura 13. Gráfica de evaluación sensorial respecto a la textura.

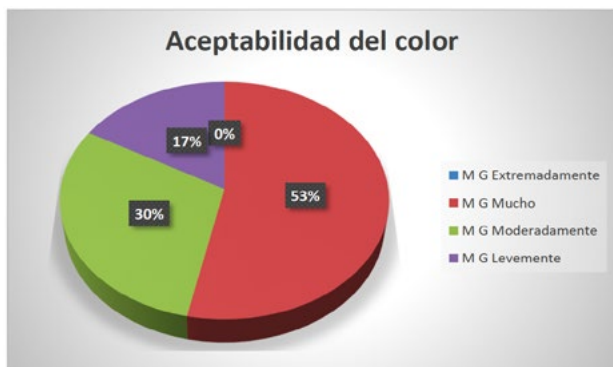


Nota: elaboración propia.

La aceptabilidad general de la mermelada fue evaluada a través de la distribución de las respuestas de los consumidores en la escala hedónica. Para el atributo color, el 53% de los consumidores eligió el nivel “Me gusta mucho”, seguido del 30% que eligió “Me gusta moderadamente” y el 17% que eligió “Me gusta levemente”, sin que ningún consumidor eligiera “Me gusta extremadamente” como se aprecia en la Figura 14. Para el atributo olor, el 40% de los consumidores eligió “Me gusta mucho”, el 27% “Me gusta moderadamente”, el 20% “Me gusta extremadamente” y el 9% “Me gusta levemente”, como se muestra en la Figura 15. Para el atributo sabor, el 56% de los consumidores eligió “Me gusta mucho”, el 28% “Me gusta moderadamente”, y el 8% “Me gusta levemente” y otro 8% “Me gusta extremadamente”, como se aprecia en la Figura 16. Para el atributo textura, el 40% de los consumidores eligió “Me gusta moderadamente”, el 33% “Me gusta mucho”, el 20% “Me gusta levemente” y el 7% “Me gusta extremadamente”, como se muestra en la Figura 17. En general, la aceptación de la mermelada fue positiva, ya que los atributos color, olor, sabor y textura mostraron niveles de “Me gusta moderadamente” y “Me gusta mucho” en la mayoría de los casos. Además, no hubo respuestas en el nivel “No me gusta ni me disgusta”, lo que indica que la mermelada fue bien aceptada por los consumidores. Estos resultados confirman que la mermelada de tuna variedad blanca, edulcorada con panela granulada orgánica, es un

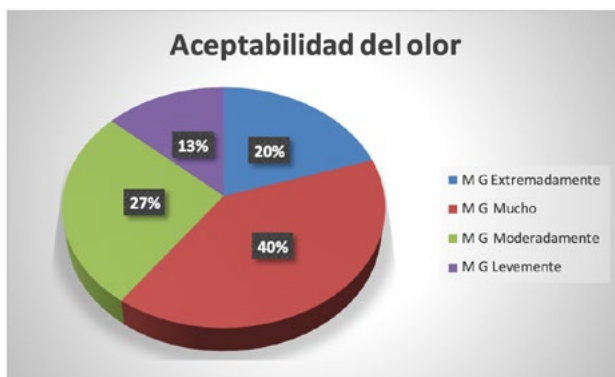
producto con alto potencial de aceptación en el mercado. La aceptación general de la mermelada es un indicador clave de su potencial comercial, y los resultados obtenidos en esta investigación son alentadores. El alto porcentaje de respuestas en las categorías “Me gusta mucho” y “Me gusta moderadamente” sugiere que el producto satisface las expectativas de los consumidores en cuanto a sabor, olor, color y textura. La ausencia de respuestas negativas es un indicador de que el producto no presenta características desagradables que pudieran llevar al rechazo. Estos resultados también sugieren que la mermelada de tuna edulcorada con panela tiene un perfil sensorial equilibrado y atractivo, que puede competir favorablemente con otras mermeladas disponibles en el mercado. La panela, al ser un producto natural y sostenible, puede ser un factor diferenciador que atraiga a los consumidores preocupados por el medio ambiente y por una alimentación saludable. Además, la tuna es una fruta con un alto contenido de antioxidantes y fibra, lo que puede añadir un valor nutricional adicional al producto. Por lo tanto, la mermelada de tuna con panela no solo es un producto sabroso, sino también saludable y sostenible, lo que puede ser una combinación ganadora en el mercado actual.

Figura 14. Aceptabilidad de la mermelada respecto al color.



Nota: elaboración propia.

Figura 15. Aceptabilidad de la mermelada respecto al olor.



Nota: elaboración propia.

Figura 16. Aceptabilidad de la mermelada respecto al sabor.



Nota: elaboración propia.

Figura 17. Aceptabilidad de la mermelada respecto a la textura.



Nota: elaboración propia.

## **La inocuidad microbiológica y el rendimiento de la mermelada de tuna**

El análisis microbiológico de la mermelada es un paso fundamental para garantizar su inocuidad y su aptitud para el consumo humano. En esta investigación, se realizó el recuento de hongos y levaduras en el tratamiento con mayor aceptación (T5), siguiendo los métodos establecidos por la ICMSF. Los resultados, presentados en la Tabla 17, mostraron que el recuento de hongos fue inferior a 10 UFC/g y el recuento de levaduras también fue inferior a 10 UFC/g, lo que indica que la mermelada se encuentra dentro de los límites establecidos por la Resolución Ministerial N° 591-MINSA (2008). Estos resultados confirman que la mermelada elaborada a base de pulpa de tuna es un producto apto para el consumo humano y que el proceso de elaboración, incluyendo la cocción a alta temperatura y el envasado al vacío, fue efectivo para controlar el crecimiento de microorganismos. La ausencia de hongos y levaduras en la mermelada es un indicador de su estabilidad microbiológica y de su vida útil prolongada. La presencia de mohos y levaduras en las mermeladas puede ser un signo de contaminación durante el proceso o de un almacenamiento inadecuado, y su control es esencial para garantizar la seguridad del producto. La cocción a altas temperaturas y el envasado en caliente son prácticas que contribuyen a la eliminación de microorganismos

y a la prolongación de la vida útil de la mermelada. La pasteurización, que consiste en calentar el producto a una temperatura específica durante un tiempo determinado, es una técnica comúnmente utilizada en la industria alimentaria para eliminar microorganismos patógenos y reducir la carga microbiana total. En este caso, la cocción a alta temperatura durante 25 minutos fue suficiente para asegurar la esterilidad comercial del producto. El envasado en caliente, que consiste en llenar los envases con el producto a alta temperatura y sellarlos inmediatamente, crea un vacío que impide la entrada de microorganismos y prolonga la vida útil del producto. El control de la higiene durante todo el proceso de elaboración también es fundamental para prevenir la contaminación microbiológica. Por lo tanto, la combinación de estos factores asegura que la mermelada sea segura para el consumo y que tenga una vida útil adecuada.

Tabla 17. Resultados del análisis microbiológico de la mermelada

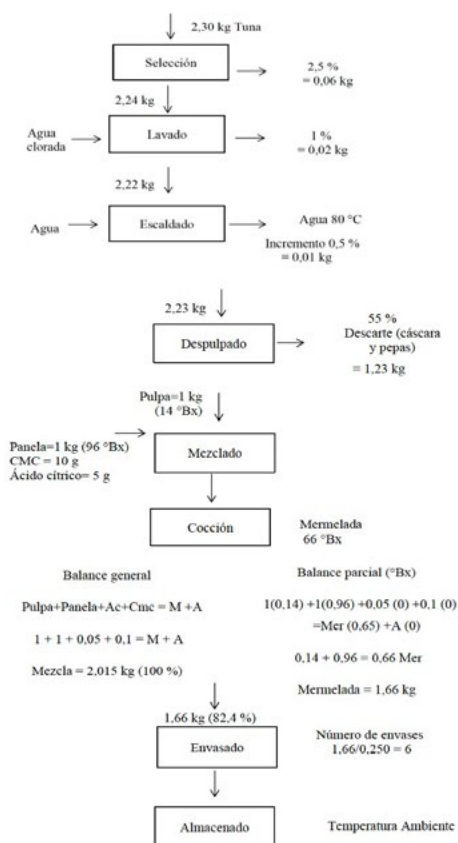
| Mermelada de tuna |            |                  |                              |
|-------------------|------------|------------------|------------------------------|
| Ensayos           | Resultados | Especificaciones | Referencia                   |
| Hongos<br>(ufc/g) | <10        | 102              | Resolución Ministerial<br>Nº |
|                   |            |                  | 591-MINSA, 2008.             |
| Levaduras         | <10        | 102              | Resolución Ministerial<br>Nº |
| (ufc/g)           |            |                  | 591-MINSA, 2008.             |

Nota: Laboratorio de ensayos mic.

El rendimiento de la mermelada, determinado mediante un balance de materia, es un indicador importante de la eficiencia del proceso. El balance de materia, presentado en la Figura 18, se realizó al tratamiento con mayor aceptación (T5). Se determinó que, a partir de 1 kg de pulpa de tuna, 1 kg de panela granulada, 0,1 kg de CMC y 0,05 kg de ácido cítrico, se obtuvo 1,66 kg de mermelada, lo que representa un rendimiento del 82,4%. Este rendimiento es adecuado y refleja una buena eficiencia en el proceso de elaboración. El balance de materia permite identificar las pérdidas de materia prima durante las diferentes etapas del proceso, como el despulpado y la cocción, y proporciona información valiosa para optimizar el proceso y reducir los costos de producción. El rendimiento obtenido es comparable al de otros procesos de elaboración de mermeladas de frutas, y demuestra que la elaboración de mermelada de tuna es un proceso viable desde el punto de vista técnico y económico. La optimización del proceso podría permitir aumentar el rendimiento aún más, reduciendo las pérdidas y mejorando la eficiencia. La determinación del balance de materia es una práctica recomendada en la industria alimentaria para el control de costos y para la mejora continua de los procesos productivos. El rendimiento del proceso depende de varios factores, incluyendo la calidad de la materia prima, la eficiencia de las operaciones unitarias y la formulación utilizada. La elección de una buena materia prima, con un

alto contenido de pulpa y un bajo contenido de cáscara y semillas, puede aumentar el rendimiento. La optimización de las operaciones de despulpado y cocción también puede reducir las pérdidas. La formulación, que incluye las proporciones de pulpa, azúcar y espesante, también influye en el rendimiento final, ya que un mayor contenido de azúcar y espesante puede aumentar el volumen del producto. Por lo tanto, el control de todos estos factores es esencial para maximizar el rendimiento y la rentabilidad del proceso. El balance de materia es una herramienta fundamental para evaluar la eficiencia del proceso y para identificar oportunidades de mejora, lo que puede contribuir a la sostenibilidad y a la competitividad de la empresa productora.

Figura 18. Balance de materia de la mermelada.



Nota: elaboración propia.



## **Capítulo 5**

*Reflexiones en torno al proceso de elaboración de la mermelada de tuna y sus resultados*

LA TUNA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Una experiencia de transformación en mermelada con panela orgánica

El análisis de los resultados obtenidos en la elaboración de la mermelada de tuna variedad blanca, edulcorada con panela granulada orgánica, permite establecer comparaciones con investigaciones previas y extraer conclusiones significativas sobre la viabilidad técnica y la aceptabilidad del producto. El diagrama de flujo implementado en esta investigación, que comprendió diez operaciones unitarias, representa un proceso completo y estandarizado para la obtención de la mermelada. Yaranga (2011), en su investigación sobre mermelada de tuna, presentó un diagrama de flujo con nueve operaciones, omitiendo el escaldado. La inclusión de esta operación en el presente estudio constituye una mejora sustancial, ya que el escaldado permite ablandar la cáscara de la tuna, inactivar enzimas que podrían causar alteraciones en el color y el sabor, y facilitar el despulpado, lo que se traduce en una mayor recuperación de pulpa y, por consiguiente, en un mayor rendimiento del proceso. La incorporación de esta etapa refleja una mayor sofisticación técnica y un control más riguroso de las variables del proceso, lo que contribuye a la obtención de un producto de mayor calidad y consistencia. La operación de escaldado, que consiste en sumergir la fruta en agua caliente a una temperatura controlada por un tiempo determinado, es una práctica común en la elaboración de conservas y mermeladas, ya que permite ablandar los tejidos de la fruta, facilitando su posterior procesamiento y mejorando la textura del producto final.

El escaldado también ayuda a eliminar microorganismos superficiales y a fijar el color de la fruta, lo que contribuye a la estabilidad y a la apariencia del producto durante el almacenamiento. En el caso de la tuna, que tiene una cáscara relativamente gruesa y firme, el escaldado es especialmente importante para ablandar la cáscara y facilitar la separación de la pulpa, lo que permite obtener un mayor rendimiento de pulpa y reducir las pérdidas de materia prima.

### **Características fisicoquímicas de la mermelada y su conformidad con los estándares de calidad**

Los resultados del análisis fisicoquímico de la mermelada con mayor aceptación (T5) mostraron valores de pH 3,63, acidez 1,17% y 66 grados brix, parámetros que se encuentran dentro de los rangos establecidos por la Norma Técnica Peruana para mermeladas de frutas. Flores (2012) indica que la mermelada de frutas debe tener un pH de 3,25 a 3,75, con grados brix de 62 a 68 y no debe contener antisépticos. Los valores obtenidos en esta investigación se ajustan plenamente a estas especificaciones, lo que confirma que el producto cumple con los requisitos de calidad establecidos. El pH es un factor crítico en la elaboración de mermeladas, ya que influye en la gelificación, la conservación y el sabor del producto. Un pH adecuado, como el obtenido en esta investigación, fa-

vorece la formación del gel y previene el crecimiento de microorganismos, contribuyendo a la estabilidad del producto. La acidez, por su parte, influye en el sabor y en la actividad de la pectina, un polisacárido que forma el gel en presencia de azúcar y ácido. Los grados brix, que indican la concentración de sólidos solubles, principalmente azúcares, determinan la consistencia y la dulzura de la mermelada. El valor de 66 grados brix obtenido es adecuado para asegurar una consistencia óptima y una vida útil prolongada, ya que un contenido de azúcar suficientemente alto reduce la actividad de agua y previene el desarrollo de microorganismos. La investigación de Calderón y Símpalo (2018) obtuvo valores similares: 1,02% de acidez, 67 grados brix y pH 4,23. Estos autores señalaron que los grados brix no deben superar 68, ya que esto podría generar la cristalización de los azúcares en la mermelada, y que tampoco deben ser inferiores a 60, porque el producto podría ser más propenso a la contaminación por hongos. La similitud de estos resultados, aunque con ligeras diferencias en el pH, puede atribuirse a las características particulares de las frutas utilizadas. La tuna, que tiene un pH natural más alto que otras frutas, requirió la adición de ácido cítrico para ajustar el pH al rango deseado. La adición de ácido cítrico, además de ajustar el pH, también contribuye a mejorar el sabor y a realzar el color de la mermelada. La panela granulada orgánica utilizada como edulcorante, al tener un sabor característico

y un color más oscuro que el azúcar refinado, influyó en las propiedades sensoriales del producto, pero no afectó significativamente los parámetros fisicoquímicos, que se mantuvieron dentro de los rangos establecidos. Es importante destacar que la adición de ácido cítrico debe ser cuidadosamente controlada, ya que un exceso puede hacer que la mermelada resulte demasiado ácida y desagradable al paladar, mientras que una cantidad insuficiente puede no ser suficiente para lograr la gelificación adecuada y la estabilidad microbiológica.

Espín (2012), en su investigación sobre mermelada de zanahoria amarilla y manzana, obtuvo valores de pH 3,5, 68 grados brix y 1,56% de acidez. El autor señaló que un pH inferior a 4,5 mejora las condiciones de almacenamiento de las mermeladas envasadas en recipientes de vidrio. Comparando estos resultados con los obtenidos en la presente investigación, se observa que el pH es ligeramente menor en la mermelada de Espín, lo que podría deberse al tipo de fruta utilizada o a su estado de maduración. La zanahoria amarilla y la manzana tienen perfiles de acidez diferentes a la tuna, lo que explica las diferencias en el pH final de la mermelada. La acidez y los grados brix, sin embargo, fueron similares en ambas investigaciones, lo que indica que las mermeladas cumplen con los requisitos de calidad y pueden conservarse adecuadamente gracias a la concentración de azúcar. La Tabla 18, que resume los requisitos fisicoquímicos para

mermelada de frutas según la Norma Técnica Peruana N° 203.047 (1991), establece que los sólidos solubles deben ser como mínimo del 65% y el pH debe estar en el rango de 3,0 a 3,8. Los valores obtenidos en esta investigación (66 grados brix y pH 3,63) cumplen con estos requisitos, lo que confirma la calidad del producto desde el punto de vista fisicoquímico. El cumplimiento de estos estándares es esencial para garantizar la calidad y la seguridad del producto, y para facilitar su comercialización, ya que los productos que cumplen con las normativas técnicas tienen una mayor aceptación en el mercado y pueden acceder a canales de distribución más amplios. Además, el cumplimiento de estos estándares es un requisito para la obtención de registros sanitarios y para la exportación del producto a otros países, lo que amplía las oportunidades de negocio para los productores.

Tabla 18. Requisitos fisicoquímicos según NTP 203.047

| Requisitos fisicoquímicos | Valores   |
|---------------------------|-----------|
| Sólidos solubles, % min   | 65        |
| pH                        | 3,0 - 3,8 |

Nota: Norma Técnica Peruana (1991).

## **Evaluación sensorial y aceptabilidad del producto por parte de los consumidores**

Los resultados de la evaluación sensorial, realizada mediante el método de la escala hedónica con niveles del 1 al 9, indicaron que el tratamiento 5 (T5) obtuvo la mejor aceptabilidad a nivel de consumidor. La formulación de este tratamiento fue: 1 kg de pulpa de tuna, 1 kg de panela granulada orgánica, 0,01 kg de CMC y 0,005 kg de ácido cítrico. Esta formulación, que combina una proporción equilibrada de pulpa de tuna y panela, con la adición de CMC como espesante y ácido cítrico como regulador de pH y potenciador de sabor, resultó ser la más aceptada por los consumidores en todos los atributos sensoriales evaluados. Tonini (2015), en su investigación sobre mermelada artesanal de tuna, utilizó una formulación de 6 kg de pulpa de tuna blanca, 4,08 kg de azúcar y 0,040 kg de ácido cítrico. Sus resultados indicaron que las características organolépticas de color y consistencia fueron las más aceptadas por los consumidores, mientras que el sabor no fue bien aceptado. En contraste, en la presente investigación, el sabor tuvo una mejor aceptación, lo que puede atribuirse al uso de panela granulada orgánica como edulcorante. La panela, al ser un producto natural con un sabor más complejo y menos dulce que el azúcar refinado, puede realzar el sabor afrutado de la tuna y proporcionar un perfil de sabor más equilibrado y agradable. Además, la panela contiene minerales y vitaminas que pue-

den contribuir a mejorar el sabor y el valor nutricional del producto. El color, por su parte, recibió una calificación ligeramente menor en comparación con otros atributos, posiblemente debido al color característico y oscuro de la panela, que puede opacar el color natural de la tuna. La panela, al ser un producto no refinado, tiene un color marrón oscuro que puede influir en el color final de la mermelada. Sin embargo, el color obtenido fue aceptable para los consumidores, y la mermelada fue bien valorada en su conjunto. La adición de ácido cítrico también influye en el color, ya que ayuda a preservar los pigmentos de la fruta y a mantener un color brillante y atractivo. El control de la cocción también es importante para evitar la caramelización excesiva del azúcar, que podría dar lugar a un color oscuro y un sabor amargo. Por lo tanto, la combinación de una buena materia prima, un edulcorante adecuado y un control preciso del proceso de cocción es esencial para obtener un color atractivo y un sabor equilibrado en la mermelada.

Yaranga (2011), en su investigación sobre la elaboración y evaluación reológica de la mermelada de tuna, determinó que el mejor tratamiento fue aquel con una proporción de cáscara y pulpa de 40/60, 40% de azúcar y 1% de pectina. El autor mencionó que un mayor porcentaje de cáscara aumenta la viscosidad del producto final, pero incide negativamente en las características organolépticas de la mermelada. En contraste, la presente investigación

utilizó pulpa de tuna en su totalidad, lo que permitió obtener una mermelada con una textura más suave y una mejor aceptación sensorial, especialmente en los atributos de olor y sabor. La pulpa de tuna, al ser la parte más rica en sabor y nutrientes, proporciona un producto final de mayor calidad sensorial y nutricional. La inclusión de cáscara, aunque puede aumentar la viscosidad y el contenido de fibra, puede afectar negativamente la textura y el sabor de la mermelada, ya que la cáscara tiene un sabor más amargo y una textura más fibrosa que la pulpa. Por lo tanto, el uso de pulpa exclusivamente es una práctica recomendada para obtener una mermelada de alta calidad sensorial. Jiménez y Bonilla (2012), en su investigación sobre el aprovechamiento del mucílago de cacao para la elaboración de mermelada, encontraron que el mejor tratamiento fue aquel con 40% de mucílago, 60% de maguey y 0,06% de pectina, resultando en una mermelada aceptable sensorialmente. Los autores enfatizaron la importancia de la maduración óptima de la fruta, ya que influye en los aspectos sensoriales del producto elaborado. Este hallazgo respalda la práctica de seleccionar frutas en su punto óptimo de madurez para garantizar la calidad del producto final. La madurez de la fruta influye en el contenido de azúcares, ácidos y compuestos volátiles, que son los responsables del sabor y el aroma de la mermelada. La selección de frutas en su punto óptimo de madurez es, por tanto, un paso fundamental en el proceso de elaboración de la mermelada.

## **Consideraciones microbiológicas y rendimiento del proceso de elaboración**

Los resultados del análisis microbiológico, realizados en el laboratorio de ensayos de la Universidad Nacional de Piura, mostraron que el recuento de hongos y levaduras en la mermelada se encontraba por debajo del rango mínimo establecido por la Norma Sanitaria (Resolución Ministerial N° 591-MINSA, 2008), lo que confirma que el producto es apto para el consumo humano. La ausencia de microorganismos patógenos y la baja carga microbiana son indicadores de que el proceso de elaboración, incluyendo la cocción a alta temperatura y el envasado al vacío, fue efectivo para garantizar la inocuidad del producto. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Barrientos (2014), quien señaló que la mermelada que elaboró estuvo ausente de microorganismos, encontrándose dentro del rango establecido por la Norma Técnica Sanitaria, y siendo, por lo tanto, un producto apto para el consumo. La ausencia de microorganismos en la mermelada es fundamental para garantizar su estabilidad y su vida útil, y para prevenir enfermedades transmitidas por alimentos. La cocción a alta temperatura es el paso más crítico para la eliminación de microorganismos, ya que las altas temperaturas desnaturalizan las proteínas y destruyen las células microbianas. El envasado al vacío, por su parte, crea un ambiente anaeróbico que inhibe el crecimiento de mi-

croorganismos aeróbicos, como los mohos. El control de la higiene durante todo el proceso de elaboración también es esencial para prevenir la contaminación microbiológica. Por lo tanto, la combinación de estos factores asegura que la mermelada sea segura para el consumo y que tenga una vida útil adecuada. El rendimiento de la mermelada, determinado mediante un balance de materia, fue del 82,4%. Esto significa que, a partir de 2,015 kg de materia prima (1 kg de pulpa, 1 kg de panela, 0,01 kg de CMC y 0,005 kg de ácido cítrico), se obtuvo 1,66 kg de mermelada. Este rendimiento es adecuado y refleja una buena eficiencia en el proceso de elaboración. La investigación de Yaranga (2015) sobre mermelada de tuna no precisó el rendimiento final de su producto, por lo que no es posible establecer una comparación directa. Sin embargo, el rendimiento obtenido en esta investigación es comparable al de otros procesos de elaboración de mermeladas de frutas, y demuestra que la elaboración de mermelada de tuna con panela granulada orgánica es un proceso viable desde el punto de vista técnico y económico. El rendimiento del proceso depende de varios factores, incluyendo la calidad de la materia prima, la eficiencia de las operaciones unitarias y la formulación utilizada. La elección de una buena materia prima, con un alto contenido de pulpa y un bajo contenido de cáscara y semillas, puede aumentar el rendimiento. La optimización de las operaciones de despulpado y cocción también puede reducir las pérdidas. La

formulación, que incluye las proporciones de pulpa, azúcar y espesante, también influye en el rendimiento final, ya que un mayor contenido de azúcar y espesante puede aumentar el volumen del producto. Por lo tanto, el control de todos estos factores es esencial para maximizar el rendimiento y la rentabilidad del proceso. El balance de materia es una herramienta fundamental para evaluar la eficiencia del proceso y para identificar oportunidades de mejora, lo que puede contribuir a la sostenibilidad y a la competitividad de la empresa productora. La optimización del proceso podría permitir aumentar el rendimiento aún más, reduciendo las pérdidas y mejorando la eficiencia, lo que a su vez podría reducir los costos de producción y aumentar la rentabilidad del negocio.



## **Capítulo 6**

*Reflexiones finales sobre la elaboración de la mermelada de tuna*

LA TUNA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Una experiencia de transformación en mermelada con panela orgánica

El desarrollo de esta investigación ha permitido establecer un conjunto de reflexiones que avalan la viabilidad técnica y la aceptabilidad de la mermelada de tuna variedad blanca, edulcorada con panela granulada orgánica, como un producto innovador con potencial para el mercado local y regional. La formulación del tratamiento 5, que consistió en 1 kg de pulpa de tuna, 1 kg de panela granulada orgánica, 1% de carboximetilcelulosa (CMC) y 0,5% de ácido cítrico, demostró ser la más aceptada por los consumidores en todos los atributos sensoriales evaluados, incluyendo color, olor, sabor y textura. Este resultado resalta la importancia de lograr un equilibrio adecuado entre los ingredientes para obtener un producto que satisfaga las preferencias del consumidor. La combinación de la pulpa de tuna con la panela granulada orgánica, un edulcorante natural de origen local, no solo proporciona un sabor característico y agradable, sino que también añade un valor nutricional y un atractivo diferenciador al producto, alineándose con las tendencias actuales de consumo de alimentos naturales y sostenibles. La panela, al ser un producto que conserva los nutrientes de la caña de azúcar, aporta minerales como calcio, potasio y magnesio, así como vitaminas del complejo B, lo que enriquece el perfil nutricional de la mermelada en comparación con las mermeladas elaboradas con azúcar refinado. La adición de CMC como espesante permitió obtener una textura adecuada, ni demasiado líquida ni demasiado firme,

mientras que el ácido cítrico contribuyó a regular el pH y a realzar el sabor, creando un producto final con características sensoriales óptimas y una buena estabilidad durante el almacenamiento. La panela, al ser un edulcorante natural con un bajo índice glucémico en comparación con el azúcar refinado, también puede ser una opción más saludable para los consumidores preocupados por su salud, lo que añade un valor adicional al producto final. La combinación de la tuna y la panela representa una sinergia de ingredientes locales y naturales que puede ser una propuesta atractiva para los consumidores que buscan productos auténticos y con historia cultural.

El diagrama de flujo desarrollado para el proceso de obtención de la mermelada de tuna, que incluyó diez operaciones unitarias desde la recepción hasta el almacenado, constituye un aporte metodológico significativo para la estandarización del proceso a nivel artesanal y semi-industrial. Las operaciones definidas son: recepción, selección, lavado, pesado, escaldado, pulpeado, mezclado, cocción, envasado y almacenado del producto final. La inclusión del escaldado como operación previa al despulpado representa una mejora con respecto a otros procesos reportados, ya que permite ablandar la cáscara, inactivar enzimas y facilitar la separación de la pulpa, lo que se traduce en un mayor rendimiento y en una mejor calidad del producto final. El escaldado también contribuye a eliminar microorganismos superficiales y a fijar el color

de la fruta, lo que mejora la estabilidad y la apariencia del producto durante el almacenamiento. Este diagrama de flujo puede ser utilizado como guía para la producción de mermelada de tuna en diferentes contextos, desde la producción artesanal a pequeña escala hasta la producción industrial, y puede ser adaptado según las condiciones y recursos disponibles, permitiendo una transferencia tecnológica efectiva y contribuyendo al desarrollo de la agroindustria local. La estandarización del proceso es esencial para garantizar la consistencia y la calidad del producto final, y para facilitar su control y su mejora continua. La inclusión de todas las operaciones unitarias en el diagrama de flujo permite identificar los puntos críticos de control y establecer procedimientos operativos estándar que aseguren la calidad y la seguridad del producto, lo que es fundamental para la producción a gran escala y para la comercialización del producto en mercados formales. La posibilidad de adaptar el diagrama de flujo a diferentes escalas de producción hace que esta herramienta sea versátil y aplicable a diferentes contextos, desde pequeños productores artesanales hasta empresas agroindustriales, lo que facilita la transferencia de tecnología y el desarrollo de capacidades locales.

Los resultados de las características fisicoquímicas de la mermelada de tuna, obtenidos del tratamiento con mayor aceptación (T5), mostraron valores de pH 3,63, acidez titulable de 1,17% y 66 grados brix, todos ellos

dentro de los rangos establecidos por la Norma Técnica Peruana y el Codex Alimentarius para mermeladas de frutas. Estos parámetros son indicadores clave de la calidad y la estabilidad del producto, y su cumplimiento garantiza que la mermelada sea segura para el consumo y que tenga una vida útil adecuada. El pH obtenido, ligeramente ácido, es adecuado para la gelificación de la pectina y para la conservación del producto, mientras que el contenido de sólidos solubles (grados brix) asegura la consistencia y la dulzura deseada. La acidez, por su parte, contribuye al sabor y a la estabilidad microbiológica del producto. La combinación de estos parámetros fisicoquímicos óptimos asegura que la mermelada cumpla con los estándares de calidad exigidos por la normativa, y que sea un producto competitivo en el mercado. El cumplimiento de estos estándares es esencial para la comercialización del producto, ya que los consumidores valoran la calidad y la seguridad de los alimentos que consumen, y la certificación de calidad puede ser un factor diferenciador en el mercado. Además, el cumplimiento de estos estándares facilita la obtención de registros sanitarios y la exportación del producto a otros países, ampliando así las oportunidades de negocio para los productores. La consistencia de los resultados fisicoquímicos a lo largo de las diferentes repeticiones del experimento sugiere que el proceso de elaboración es robusto y reproducible, lo que es un requisito fundamental para la producción comercial a gran escala.

El análisis estadístico de los datos de la evaluación sensorial, realizado mediante el análisis de varianza (ANOVA) y las pruebas post hoc, confirmó que el tratamiento 5 fue el mejor valorado por los consumidores en todos los atributos evaluados, mostrando diferencias estadísticamente significativas con respecto a los demás tratamientos. Esta aceptación favorable se refleja en los altos puntajes otorgados por los consumidores, lo que sugiere que la mermelada de tuna edulcorada con panela granulada orgánica tiene un alto potencial de aceptación en el mercado. La percepción positiva de los atributos sensoriales es un factor determinante para el éxito comercial de un producto, y los resultados obtenidos indican que la mermelada de tuna satisface las expectativas de los consumidores en cuanto a sabor, olor, color y textura. La panela, al ser un producto natural con un sabor complejo y agradable, contribuyó a la buena aceptación del sabor, mientras que el control del proceso de cocción y la adición de espesante permitieron obtener una textura consistente y atractiva. El color, aunque fue el atributo con la calificación ligeramente más baja debido al color oscuro de la panela, aún fue aceptable para los consumidores, lo que indica que el producto en su conjunto fue bien valorado. La utilización de un panel de consumidores no entrenados, representativo de la población general, otorga validez externa a los resultados, ya que refleja las preferencias reales de los potenciales consumidores. La

realización de la evaluación sensorial en un entorno controlado y con un tamaño de muestra adecuado asegura la representatividad de los resultados, permitiendo inferir que la aceptación de la mermelada podría ser similar en la población general. Este es un aspecto crucial para la toma de decisiones sobre el lanzamiento del producto al mercado, ya que proporciona una base sólida para predecir su aceptación comercial. La evaluación sensorial también proporciona información valiosa sobre las preferencias de los consumidores, que puede ser utilizada para ajustar la formulación del producto y para desarrollar nuevas variantes que se adapten mejor a las demandas del mercado.

El análisis microbiológico realizado al tratamiento con mayor aceptación (T5) arrojó resultados de menos de 10 UFC/g para hongos y levaduras, lo que se encuentra por debajo del rango mínimo establecido por la Resolución Ministerial N° 591-MINSA (2008), confirmando que la mermelada es apta para el consumo humano. La ausencia de microorganismos patógenos y la baja carga microbiana son indicadores de que el proceso de elaboración, incluyendo la cocción a alta temperatura y el envasado al vacío, fue efectivo para garantizar la inocuidad del producto. La cocción a alta temperatura es un paso crítico en la eliminación de microorganismos, ya que las altas temperaturas destruyen las células microbianas y sus esporas, asegurando que el producto final sea seguro para el consumo. El envasado al vacío, por su parte, crea un ambien-

te anaeróbico que inhibe el crecimiento de microorganismos aeróbicos, como los mohos, prolongando así la vida útil del producto. El control de la higiene durante todo el proceso de elaboración también es esencial para prevenir la contaminación microbiológica y garantizar la calidad e inocuidad del producto final. Por lo tanto, la combinación de estos factores asegura que la mermelada sea segura para el consumo y que tenga una vida útil adecuada. Estos resultados son consistentes con los obtenidos por otros investigadores, como Barrientos (2014), quien también reportó la ausencia de microorganismos en su mermelada, confirmando que la mermelada de frutas, cuando es procesada adecuadamente, es un producto seguro y estable. La inocuidad microbiológica es un requisito indispensable para la comercialización de cualquier alimento, y estos resultados confirman que la mermelada de tuna cumple con este requisito, lo que es fundamental para su aceptación en el mercado y para la protección de la salud de los consumidores. La obtención de un producto microbiológicamente seguro es un logro significativo que valida el proceso de elaboración y la calidad de la materia prima utilizada, y que proporciona confianza a los consumidores sobre la calidad del producto. La realización de análisis microbiológicos periódicos es una práctica recomendable para asegurar la calidad y la seguridad del producto a lo largo de su vida útil, y para cumplir con los requisitos de la normativa sanitaria.

El rendimiento de la mermelada, determinado mediante el balance de materia, fue del 82,4%, lo que significa que a partir de 2,015 kg de mezcla (pulpa, edulcorante e insumos) se obtuvieron 1,66 kg de mermelada. Este rendimiento es adecuado y refleja una buena eficiencia en el proceso de elaboración, lo que es un indicador positivo para la viabilidad económica del producto. El balance de materia permite identificar las pérdidas de materia prima durante las diferentes etapas del proceso, y su cálculo es fundamental para la optimización de la producción y la reducción de costos. El rendimiento obtenido es comparable al de otros procesos de elaboración de mermeladas, y demuestra que la producción de mermelada de tuna con panela granulada orgánica es un proceso viable desde el punto de vista técnico y económico. La optimización del proceso podría permitir aumentar el rendimiento aún más, reduciendo las pérdidas y mejorando la eficiencia, lo que a su vez podría reducir los costos de producción y aumentar la rentabilidad del negocio. El balance de materia también proporciona información valiosa sobre la relación entre los insumos y el producto final, lo que es esencial para la planificación de la producción y para el cálculo de los costos de producción. La determinación del rendimiento es un paso esencial para evaluar la viabilidad económica del producto, ya que permite estimar los costos de producción y los márgenes de beneficio, lo que es fundamental para la toma de decisiones sobre la produc-

ción y la comercialización del producto. La optimización del proceso de producción, incluyendo la reducción de las pérdidas durante el despulpado y la cocción, podría aumentar el rendimiento y la rentabilidad del negocio, haciendo que la producción de mermelada de tuna sea una actividad económicamente sostenible para los productores locales.

### **Orientaciones para el aprovechamiento futuro de la tuna en la región**

A partir de los hallazgos de esta investigación, se formulan algunas orientaciones para el aprovechamiento futuro de la tuna en la región Piura y para el desarrollo de productos derivados con valor agregado. En primer lugar, se recomienda que en el proceso de elaboración de mermelada a base de pulpa de tuna se tenga en cuenta la variedad y el estado de maduración de la fruta, ya que estos factores son fundamentales para obtener un producto final de calidad, influyendo directamente en las características fisicoquímicas y organolépticas del producto. La selección de frutas en su punto óptimo de madurez, con un contenido adecuado de azúcares y ácidos, y libres de daños o enfermedades, es esencial para asegurar la calidad del producto final. La variedad de tuna también influye en el color, el sabor y la textura de la mermelada, por lo que se recomienda evaluar diferentes variedades

para determinar cuál es la más adecuada para la elaboración de mermelada. La elección de la variedad adecuada puede ser un factor diferenciador en el mercado, ya que las diferentes variedades de tuna tienen perfiles sensoriales distintos que pueden atraer a diferentes segmentos de consumidores. Además, el estado de maduración de la fruta influye en el contenido de pectina, un polisacárido que es esencial para la formación del gel en la mermelada, por lo que la selección de frutas con un contenido adecuado de pectina es crucial para obtener una textura óptima. La evaluación del contenido de pectina de la fruta antes de iniciar el proceso de elaboración puede ser una práctica recomendable para asegurar la calidad del producto final. La implementación de buenas prácticas de manejo y cosecha, incluyendo la selección de frutas en el punto óptimo de madurez y el manejo cuidadoso para evitar daños mecánicos, es fundamental para asegurar la calidad de la materia prima y para reducir las pérdidas postcosecha.

En segundo lugar, se recomienda continuar con investigaciones que busquen el aprovechamiento de la tuna en la región Piura, explorando nuevas formas de procesamiento y diversificando la oferta de productos derivados. La tuna es un recurso con un alto potencial, y su aprovechamiento integral puede contribuir al desarrollo económico de la región y a la generación de valor agregado. Se sugiere innovar y desarrollar nuevos productos, como néctares, jaleas, licores, harinas o productos deshidrata-

dos, que permitan aprovechar las diferentes partes de la fruta y sus compuestos bioactivos. La diversificación de productos derivados de la tuna puede abrir nuevos mercados y aumentar la demanda de la fruta, lo que beneficiaría a los productores locales. Además, se puede explorar la producción de productos con valor agregado, como mermeladas con otros ingredientes locales, como frutas andinas o especias, que puedan crear productos únicos y atractivos para el mercado. La innovación en productos derivados de la tuna es una estrategia clave para aumentar su valor y para promover el desarrollo de la agroindustria local, ya que la transformación de la fruta en productos con valor agregado genera mayores ingresos y empleo que la comercialización de la fruta fresca. La colaboración entre los sectores académico, público y privado es esencial para impulsar la innovación y el desarrollo de la industria de la tuna, promoviendo la investigación y el desarrollo de nuevos productos y procesos, y facilitando el acceso a financiamiento y a mercados. La creación de redes de colaboración y de clústeres agroindustriales puede ser una estrategia efectiva para promover la innovación y la competitividad en el sector de la tuna, facilitando el intercambio de conocimientos y experiencias y la colaboración en proyectos de investigación y desarrollo.

En tercer lugar, se recomienda realizar un análisis bromatológico completo de la mermelada de tuna, para conocer su valor nutricional y los beneficios que puede

ofrecer al consumidor. Este análisis permitiría determinar el contenido de proteínas, grasas, carbohidratos, fibra, vitaminas y minerales, y evaluar el potencial del producto como alimento funcional. El conocimiento del perfil nutricional de la mermelada es esencial para su promoción y comercialización, ya que los consumidores están cada vez más interesados en productos saludables y con valor nutricional. La información nutricional puede ser utilizada en el etiquetado del producto para destacar sus beneficios y para diferenciarlo de otros productos en el mercado. La mermelada de tuna edulcorada con panela granulada orgánica tiene el potencial de ser un producto saludable, gracias al contenido de fibra, vitaminas y minerales de la tuna, y a la presencia de nutrientes en la panela. Un análisis bromatológico detallado permitiría cuantificar estos beneficios y respaldar las afirmaciones nutricionales del producto. Además, se podrían realizar estudios para evaluar el contenido de compuestos bioactivos, como antioxidantes, que podrían tener efectos beneficiosos para la salud, lo que añadiría un valor adicional al producto y lo posicionaría como un alimento funcional con propiedades saludables. La realización de estos estudios requeriría de la colaboración con laboratorios especializados y de la inversión en equipos y reactivos, pero los resultados obtenidos podrían ser de gran valor para la comercialización del producto y para la promoción de la tuna como un alimento saludable. La obtención de un perfil nutricional

detallado puede ser una herramienta de marketing poderosa, que permita atraer a consumidores preocupados por su salud y que buscan productos naturales y nutritivos.

Finalmente, se recomienda realizar investigaciones para determinar la vida útil de la mermelada edulcorada con panela granulada orgánica, evaluando su estabilidad en diferentes condiciones de almacenamiento y en diferentes tipos de envases. La vida útil es un factor crítico para la comercialización de cualquier producto alimenticio, ya que determina el tiempo durante el cual el producto mantiene su calidad y su seguridad para el consumo. La determinación de la vida útil permitiría establecer fechas de vencimiento adecuadas y recomendar condiciones de almacenamiento óptimas, lo que es esencial para garantizar la calidad del producto y para la confianza del consumidor. Se podría evaluar la influencia de diferentes factores, como la temperatura, la humedad y la luz, en la estabilidad del producto, y se podrían probar diferentes tipos de envases para determinar cuál es el más adecuado para prolongar la vida útil de la mermelada. La determinación de la vida útil es un proceso que requiere de estudios a largo plazo y de la realización de análisis periódicos de las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del producto. Los resultados de estos estudios permitirían optimizar el producto y su envasado, y proporcionarían información valiosa para la comercialización y el almacenamiento del producto, asegurando

que los consumidores reciban un producto de calidad y seguro. Además, la determinación de la vida útil es un requisito para el registro sanitario del producto y para su comercialización en el mercado formal, por lo que es un paso esencial para la formalización de la producción y la comercialización de la mermelada de tuna. La inversión en estos estudios es fundamental para asegurar el éxito comercial del producto y para contribuir al desarrollo de la agroindustria local, generando empleo y mejorando la calidad de vida de las comunidades productoras. La implementación de sistemas de gestión de calidad, incluyendo el control de la materia prima, el proceso de producción y el producto final, es esencial para asegurar la calidad y la consistencia del producto a lo largo del tiempo, y para cumplir con los requisitos de la normativa sanitaria y de los mercados a los que se destina el producto.

## **Referencias**

- Ancutza, M. A. (2019). *Desarrollo de mermelada de naranja quínoa (Chenopodium quinoa) y evaluación de alternativa de consumo casero* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cuyo].
- Ávila, C. E. P. (2019). *Manual de la mermelada*. Cámara de comercio de Bogotá.
- Barrientos, J. N. E. (2014). Formulación, evaluación organoléptica y fisicoquímica de una mermelada mixta a base de loche (*Cucurbita máxima dutch*) y maracuyá (*Passiflora edulis*). *Revista Ingeniería, Ciencia, Tecnología e Innovación*, 1(2).
- Bazan, C. R. J. (2019). *Elaboración y evaluación reológica de mermelada de camu camu (Myrciaria dubia HBK McVaugh) y estabilidad en el almacenamiento* [Tesis de grado, Universidad Agraria de la Selva].
- Briz, V. F. H. (1969). *Mermelada de frutas*. Ministerio de Agricultura.
- Calderón, Q. M. J., y Símpalo, L. W. B. (2018). Evaluación organoléptica y fisicoquímica de la mermelada a base de pulpa de mamey (*Mammea americana*) y tumbo (*Passiflora quadrangularis*). *Revista Científica. Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 5(2).
- Castro, M., Paredes, C., y Muñoz, D. (2009). *Cultivo de tuna (Opuntia ficus indica)*. Agrolibertad.
- Ceza, L. (2011). Composición nutricional de la tuna. En Jiménez, M. (2014). *Tecnología de procesamiento de frutas*. Editorial Universitaria.
- Codex Alimentarius. (2004). *Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias comité del Codex sobre frutas y hortalizas elaboradas*.
- Codex Alimentarius. (2007). *Alimentos producidos orgánicamente*.
- Codex Alimentarius. (2009). *Norma para las confituras, jaleas y mermeladas*. <https://n9.cl/6tcqwd>

- Condo, P. L., y Pazmiño, G. J. (2015). *Diseño experimental en el desarrollo del conocimiento científico de las ciencias agropecuarias*. Docplayer. <https://n9.cl/u6qs6>
- Cooperativa Agraria Ecológica y Solidaria-Piura. (2018). *Ficha técnica panela granulada orgánica*.
- Coronado, M. T., y Hilario, R. R. (2001). Elaboración de mermeladas. En *Procesamiento de alimentos para pequeñas y microempresas agroindustriales*. Gobierno del Salvador. <https://n9.cl/gb4yeu>
- Deiana, A. C., Grabados, D. L., y Sardella, M. F. (2018). *Introducción a la ingeniería - balance de masa*. Unsj.
- Espín, T. X. M. (2012). *Uso de la zanahoria amarilla (Daucus carota) mediante una mezcla con manzana a diferentes concentraciones de pectina para elaborar una mermelada* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato].
- Fajardo, F. F. A. (2017). *Mermelada de jackfruit (Artocarpus heterophyllus L.) edulcorada con panela y miel de abeja* [Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo].
- Fiestas, F. K., Santos, B. I., Banda, G. S., Valdivieso, M. W., y Arellano, S. K. (2015). *Diseño de una línea de producción de panela granulada* [Tesis de ingeniería, Universidad de Piura].
- Flores, I. C. J. (2012). *Elaboración y evaluación nutricional comparativa de mermelada de guayaba (Psidium guajava) deshidratada frente a mermeladas casera e industrial* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
- Farceque Santos, J. P. (2021). *Elaboración de mermelada aprovechando la pulpa de tuna (Opuntia ficus-indica L.) variedad blanca, edulcorada con panela granulada orgánica y evaluación del nivel de aceptabilidad* [Tesis pregrado, Universidad Católica Sedes Sapientiae]

- GeoDatos. (2019). *Coordenadas geográficas de Chulucanas, Piura, Perú* [Archivo de datos]. <https://n9.cl/4h1j6>
- Guevara, A. S., y Ipanaque, M. A. (2018). *Diagnóstico productivo y de calidad de la panela granulada en Piura* [Tesis de grado, Universidad de Piura].
- Cutiérrez, P. H., y De la Vara, S. R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. Mc Graw Hill.
- Hernández, A. E. (2005). *Evaluación sensorial*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - Bogotá.
- Invernón, V. R., González, M. E., López, N. E., Arnelas, S. I., y Devesa, A. J. (2012). Manual de laboratorio de botánica, el fruto. *Revista REDUCA (Biología)*, 5(2).
- Jaramillo, P. (2013). *Determinación de la vida útil de los alimentos*. Universidad Técnica de Ambato.
- Jiménez, F. E. E. (2014). *Obtención del mucílago de la cáscara de tuna (Opuntia ficus-indica) a partir de diferentes métodos de extracción* [Tesis de grado, Universidad de Chile].
- Jiménez, G. F., y Bonilla, C. M. (2012). *Aprovechamiento del mucílago y maguey de cacao (Theobroma cacao) fino de aroma para la elaboración de mermelada* [Tesis de grado, Universidad Estatal de Bolívar].
- Londoño, G. R. (2015). *Balance de materia y energía*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Norma Técnica Peruana. (1991). *NTP N° 203.047: Mermelada de frutas. Requisitos*. INDECOPI.
- Paucara, C. M. (2017). *Caracterización física y química de la tuna (Opuntia ficus indica) en el municipio de Luribay provincia de Loayza del departamento de La Paz* [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés].

- Ramírez, N. J. S. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. *Revista ReCiTIA*, 12(1).
- Ramírez, W. H. (2018). *Desarrollo y evaluación de chocolate edulcorado con panela y relleno con nuez de nogal (Juglans neotropica)* [Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas].
- Resolución Ministerial N° 591-2008-MINSA. (2008). *Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano*. Diario Oficial El Peruano.
- Sáenz, C. (2006). *Utilización Agroindustrial del Nopal*. FAO.
- Sáenz, F. D. N. (2013). *Industrialización de la panela granulada orgánica en una planta de producción, ubicada en el Cantón Salinas-Ibarra* [Tesis de grado, Universidad de las Américas].
- Terán, E., y Escalera, R. (2017). Obtención de carboximetilcelulosa a partir de linter de algodón. *Revista Investigación y Desarrollo*, 1(7).
- Tonini, L. E. (2015). *Elaboración artesanal de mermeladas de tres ecotipos de tuna (Opuntia ficus-indica f. inermis) roja, anaranjada y verde* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cuyo].
- Tosne, Z. L., Mosquera, S. A., y Villalta, H. S. (2014). Efecto de recubrimiento de almidón de yuca y cera de abejas sobre el chontaduro. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 12(2).
- Villalta, W. (2012). *Beneficios de la panela producida orgánicamente frente al azúcar blanco* [Tesis de grado, Universidad de Cuenca].

- Vizcarra, M. B. (2017). *Evaluación de maduración y características sensoriales en post cosecha de tuna variedad amarilla (Opuntia ficus-indica) en condiciones de almacenamiento en el centro poblado de San Cristóbal, región Moquegua* [Tesis de grado, Universidad José Carlos Mariátegui].
- Yaranga, B. M. (2011). *Elaboración y evaluación reológica de mermelada de tuna (Opuntia ficus indica)* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].





Religación  
**Press**  
Ideas desde el Sur Global



ISBN: 978-9907-845-16-7

