



RAÍCES EN TRANSFORMACIÓN

Ciencia y desarrollo en la elaboración
de alimentos deshidratados

Darwin Enrique Vásquez Domínguez, Janet Del Milagro Zúñiga Trelles,
William Nemesio Chunga Trelles

Darwin Enrique Vásquez Domínguez, Janet Del Milagro Zúñiga Trelles,
William Nemesio Chunga Trelles

Raíces en transformación
*Ciencia y desarrollo en la elaboración
de alimentos deshidratados*

Religación Press
[Ideas desde el Sur Global]

Roots in Transformation
Science and Development in the Production of Dehydrated Foods

Raízes em Transformação
Ciência e Desenvolvimento na Elaboração de Alimentos
Desidratados

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

Víctor 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

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 tienen el aval del Centro de Investigaciones en Ciencias y Humanidades desde América Latina - CICSHAL.



Título: Raíces en transformación.

Ciencia y desarrollo en la elaboración de alimentos deshidratados

Derechos de autor | Copyright: Darwin Enrique Vásquez Domínguez, Janet Del Milagro Zúñiga Trelles, William Nemesio Chunga Trelles

Primera Edición | First Edition: 2026

Editorial | Publisher: Religación Press

Materia Dewey | Dewey Subject: 664 - Tecnología de alimentos

Clasificación Thema | Thema Subject Categories: TDCT2 - Ingeniería y procesos de transformación de alimentos y bebidas | TDCT - Tecnología de alimentos y bebidas | TVK - Agronomía y producción agrícola

BISAC: TEC012000

Público objetivo | Target audience: Profesional / académico

Colección | Collection: Ingeniería

Soportal Format: PDF / Digital

Publicación | Publication date: 2026-09-22

ISBN: 978-9907-845-17-4

[APA 7]

Vásquez Domínguez, D. E., Zúñiga Trelles, J. del M., & Chunga Trelles, W. N. (2026). *Raíces en transformación. Ciencia y desarrollo en la elaboración de alimentos deshidratados*. Religación Press. <https://doi.org/10.46652/ReligacionPress.489>

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

Darwin Enrique Vásquez Domínguez

Universidad Católica Sedes Sapientiae | Chulucanas | Perú

<https://orcid.org/0009-0000-2551-0304>

2012100255@ucss.pe

Darenrique1210@gmail.com

Ingeniero Agroindustrial y de biocomercio con experiencia en el manejo pos-cosecha de mango, control de calidad, trazabilidad y despacho de contenedores. Experiencia en el manejo integrado de mosca de la fruta entre otras plagas de interés económico.

Janet Del Milagro Zúñiga Trelles

Universidad Nacional de Piura | Piura | Perú

<https://orcid.org/0009-0006-5010-1418>

jzunigat@unp.edu.pe

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

wchungat@gmail.com

Ingeniero 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

Esta obra explora el aprovechamiento agroindustrial del camote y la yuca, dos raíces ampliamente cultivadas en el Perú, mediante el desarrollo de un puré deshidratado como alternativa de valor agregado. La investigación aborda el problema del desperdicio de estos productos y la falta de opciones de procesamiento que permitan su conservación y comercialización. A través de un estudio experimental, se evalúan diferentes proporciones de mezcla de ambas harinas y distintos niveles de rehidratación, analizando sus características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales. Los resultados demuestran que es posible obtener un producto estable, inocuo y aceptado por los consumidores, con un perfil nutricional adecuado. Más allá de los datos técnicos, el libro invita a redescubrir el potencial de los recursos locales y a promover una agroindustria rural que genere desarrollo y oportunidades para las comunidades productoras.

Palabras clave:

Camote, Yuca, Puré deshidratado, Rehidratación, Agroindustria.

Abstract

This work explores the agroindustrial utilization of sweet potato and cassava, two widely cultivated roots in Peru, through the development of a dehydrated purée as an added-value alternative. The research addresses the problem of waste of these products and the lack of processing options that would allow their preservation and commercialization. Through an experimental study, different mixing ratios of both flours and various rehydration levels are evaluated, analyzing their physicochemical, microbiological, and sensory characteristics. The results demonstrate that it is possible to obtain a stable, safe, and consumer-accepted product with an adequate nutritional profile. Beyond the technical data, the book invites readers to rediscover the potential of local resources and to promote rural agroindustry that generates development and opportunities for producing communities.

Keywords:

Sweet potato, Cassava, Dehydrated purée, Rehydration, Agroindustry.

Resumo

Esta obra explora o aproveitamento agroindustrial da batata-doce e da mandioca, duas raízes amplamente cultivadas no Peru, através do desenvolvimento de um purê desidratado como alternativa de valor agregado. A pesquisa aborda o problema do desperdício desses produtos e a falta de opções de processamento que permitam sua conservação e comercialização. Por meio de um estudo experimental, diferentes proporções de mistura de ambas as farinhas e distintos níveis de reidratação são avaliados, analisando suas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais. Os resultados demonstram que é possível obter um produto estável, seguro e aceito pelos consumidores, com um perfil nutricional adequado. Para além dos dados técnicos, o livro convida a redescobrir o potencial dos recursos locais e a promover uma agroindústria rural que gere desenvolvimento e oportunidades para as comunidades produtoras.

Palavras-chave:

Batata-doce, Mandioca, Purê desidratado, Reidratação, Agroindústria.

RAÍCES EN TRANSFORMACIÓN

Ciencia y desarrollo en la elaboración de alimentos deshidratados

CONTENIDO

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

Capítulo 1 19

El puré deshidratado de camote y yuca como alternativa agroindustrial para el aprovechamiento de recursos nativos 19

Capítulo 2 29

El puré deshidratado de camote y yuca como alternativa agroindustrial para el aprovechamiento de recursos nativos 29

Antecedentes de la investigación en purés deshidratados y productos instantáneos a base de tubérculos y granos andinos 40

Características y propiedades del camote y la yuca como materias primas para la elaboración de purés deshidratados 54

El puré deshidratado o instantáneo. Procesos, características y parámetros de calidad 65

El análisis sensorial como herramienta para evaluar la aceptabilidad de nuevos productos alimenticios 74

Capítulo 3 81

Los recursos y procedimientos para la elaboración del puré deshidratado de camote y yuca 81

El camino experimental para la obtención del puré deshidratado 88

La determinación de parámetros fisicoquímicos, calidad microbiológica y aceptabilidad sensorial del puré deshidratado	99
---	----

Capítulo 4 113

Los hallazgos obtenidos en la elaboración del puré deshidratado de camote y yuca	113
El análisis fisicoquímico de las formulaciones de puré deshidratado	116
La calidad microbiológica y la evaluación sensorial del puré deshidratado	127
La composición proximal del puré con mayor aceptación y el diagrama de operaciones del proceso	143

Capítulo 5 150

Reflexiones en torno a los resultados obtenidos en la elaboración del puré deshidratado de camote y yuca	150
Las características fisicoquímicas de las harinas de yuca y camote como materia prima	152
La influencia de la proporción de mezcla en las propiedades fisicoquímicas del puré deshidratado	154
La calidad microbiológica del puré deshidratado	164
La evaluación sensorial del puré rehidratado y la identificación del tratamiento de mayor aceptación	165
Color	165
Sabor	170
Textura	174
Apariencia general	178
La composición proximal del tratamiento de mayor aceptación	183

Capítulo 6 195

Reflexiones finales y orientaciones para el desarrollo del puré deshidratado de camote y yuca	195
---	-----

Referencias 209

GRÁFICOS

Gráfico 1. Valor nutricional de harina de camote por cada 100 gramos	58
Gráfico 2. Características organolépticas en la harina de camote	59
Gráfico 3. Contenido nutricional de tubérculos y raíces (materia seca, carbohidratos y proteína)	63
Gráfico 4. Composición nutricional de 1 kg de yuca vs. requerimientos diarios	64
Gráfico 5. Valor nutricional de harina de yuca por cada 100 gramos	64
Gráfico 6. Característica físico- químicas en la harina de yuca	65
Gráfico 7. Información nutricional de polvo de ajo por cada 100 gramos	69
Gráfico 8. Parámetros microbiológicos para un puré instantáneo	69
Gráfico 9. Factores que afectan el tiempo de secado de un alimento	74
Gráfico 10. Proporción de ingredientes en la formulación más aceptable	97
Gráfico 11. Diagrama de flujo del puré deshidratado de yuca y camote.	98
Gráfico 12. ANOVA del porcentaje de acidez	118
Gráfico 13. Diagrama de operaciones del puré deshidratado.	148
Gráfico 14. Influencia de la proporción yuca-camote en la acidez media	157
Gráfico 15. Acidez media por tratamiento	157
Gráfico 16. Influencia de la proporción yuca-camote en la humedad media	160
Gráfico 17. Porcentaje de humedad media por cada tratamiento.	160
Gráfico 18. Influencia de la proporción yuca-camote en la densidad media	163
Gráfico 19. Comparación de la densidad media por cada tratamiento.	163
Gráfico 20. Influencia de la proporción yuca-camote en la aceptación del color	168
Gráfico 21. Influencia de la proporción harina - agua en la aceptación media del color.	169
Gráfico 22. Aceptación media del color por cada tratamiento.	169
Gráfico 23. Influencia de la proporción de yuca y camote en la aceptación del sabor.	172
Gráfico 24. Influencia de la proporción harina-agua en la aceptación del sabor.	173
Gráfico 25. Aceptación media del sabor por cada tratamiento.	173
Gráfico 26. Influencia de yuca-camote en la aceptación de textura	177
Gráfico 27. Influencia de harina-agua en la aceptación de textura	177
Gráfico 28. Aceptación media de la textura por cada tratamiento.	178
Gráfico 29. Influencia de yuca-camote en la aceptación de la apariencia general	180
Gráfico 30. Influencia de harina-agua en la aceptación de la textura	181
Gráfico 31. Aceptación media de la apariencia general por tratamiento	181

TABLAS

Tabla 1. Composición química del camote(raíz y harina)en 100 g	57
Tabla 2. Característica físico-químicas en la harina de camote	59
Tabla 3. Características de los alimentos deshidratados	73
Tabla 4. Proporciones de yuca y camote para 120 g de puré deshidratado	97
Tabla 5. Proporción harina-agua en la rehidratación	106
Tabla 6. Códigos asignados aleatoriamente a cada tratamiento	106
Tabla 7. Factores y niveles considerados en la investigación	110
Tabla 8. Tratamientos utilizados a nivel experimental	110
Nota: elaboración propia.	110
Tabla 9. Distribución de tratamientos y sus repeticiones	110
Tabla 10. Distribución de tratamientos por consumidor (bloque)	111
Tabla 11. Tabla ANOVA para el Modelo factorial	111
Tabla 12. Tabla ANOVA para el diseño de bloques completos aleatorios	111
Nota: López y Gonzales(2014).	111
Tabla 13. Post-ANOVA de acidez según proporción yuca-camote	119
Tabla 14. Acidez media por tratamiento	119
Tabla 15. ANOVA del porcentaje de humedad	122
Tabla 16. Post-ANOVA del porcentaje de humedad	122
Tabla 17. Humedad media por tratamiento	123
Tabla 18. ANOVA de la densidad del puré deshidratado	125
Tabla 19. Post-ANOVA de la densidad del puré deshidratado	126
Tabla 20. Densidad media del puré deshidratado	126
Tabla 21. Resultados microbiológicos de las formulaciones de puré deshidratado	129
Tabla 22. Códigos aleatorios por evaluador	132
Tabla 23. ANOVA del color según proporción yuca-camote y harina-agua	133
Tabla 24. Prueba de Tukey para el color(post-ANOVA)	134
Tabla 25. Aceptación media del color por tratamiento en el puré	134
Tabla 26. ANOVA del sabor según proporción yuca-camote y harina-agua	137
Tabla 27. Aceptación media del sabor por tratamiento en el puré	137
Tabla 28. ANOVA de la textura del puré rehidratado	140
Tabla 29. Aceptación media de la textura del puré rehidratado	140
Tabla 30. ANOVA de la apariencia general del puré rehidratado	142
Tabla 31. Aceptación media de la apariencia general del puré rehidratado	143
Tabla 32. Resultados del análisis proximal realizado al tratamiento nueve(código 299)	146
Tabla 33. Valores medios de atributos sensoriales por tratamiento	182

Introducción

Hay alimentos que acompañan silenciosamente la vida de nuestros pueblos. Están en los mercados, en las cocinas, en la memoria de la infancia y en la mesa diaria de muchas familias. El camote y la yuca son parte de esa historia. Son productos cercanos, familiares, profundamente ligados a nuestra cultura alimentaria. Sin embargo, muchas veces no miramos todo lo que pueden llegar a ser cuando se encuentran con la investigación, la tecnología y la creatividad.

Este libro nace precisamente de esa posibilidad: la de transformar dos raíces tradicionales en un producto con valor agregado, capaz de responder a necesidades actuales de alimentación, conservación y practicidad. A través del desarrollo de un puré deshidratado, esta obra muestra cómo la agroindustria puede partir de ingredientes simples, cotidianos y propios de nuestro entorno para construir alternativas alimentarias viables, aceptables e innovadoras.

La investigación que da origen a este libro analiza diferentes proporciones de mezcla de camote y yuca, así como distintos niveles de agua para la rehidratación, con el propósito de identificar formulaciones que combinen calidad fisicoquímica, inocuidad microbiológica y aceptación sensorial. Pero su valor no está solo en los datos

obtenidos. También reside en el mensaje que deja: que nuestros recursos locales tienen un enorme potencial cuando son estudiados con seriedad, cuando se les da valor y cuando se piensa en ellos no solo como materia prima, sino como oportunidades de desarrollo.

Este libro quiere ser una invitación a mirar con nuevos ojos lo que ya tenemos cerca. A reconocer que la innovación no siempre depende de buscar fuera, sino de comprender mejor lo que nace en nuestro propio territorio. En el camote y la yuca hay historia, nutrición y posibilidad. Y en su transformación agroindustrial hay también una apuesta por el futuro, por la soberanía alimentaria y por una ciencia conectada con la realidad.

Que estas páginas sirvan para inspirar nuevas investigaciones, nuevos productos y nuevas maneras de valorar aquello que forma parte de nuestra identidad productiva y cultural.

Capítulo 1

El puré deshidratado de camote y yuca como alternativa agroindustrial para el aprovechamiento de recursos nativos

RAÍCES EN TRANSFORMACIÓN.

Ciencia y desarrollo en la elaboración de alimentos deshidratados

En el contexto de la seguridad alimentaria mundial, la búsqueda de alternativas tecnológicas que permitan el aprovechamiento integral de los recursos agrícolas se ha convertido en una prioridad para los países en desarrollo. El camote, conocido científicamente como *Ipomoea batatas* (L.) Lam., es considerado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2006, citado por Loor, 2015) como uno de los alimentos más versátiles, subexplotados e importantes a nivel global, con una producción anual que alcanza los 122 millones de toneladas métricas. Esta cifra evidencia el enorme potencial de este tubérculo, que no solo constituye una fuente de carbohidratos de alto valor energético, sino que también aporta vitaminas, minerales y compuestos bioactivos con propiedades benéficas para la salud humana. De manera similar, la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es reconocida como una fuente alimenticia fundamental que genera empleo e ingresos en las comunidades dedicadas a su producción, especialmente en los países en proceso de desarrollo (Aristizábal y Sánchez, 2007). Ambos cultivos comparten características que los convierten en pilares de la agricultura familiar en América Latina, particularmente en el Perú, donde su cultivo se ha mantenido a lo largo de los siglos como parte de la tradición agrícola de las comunidades andinas y amazónicas. La importancia de estos productos trasciende lo meramente nutricional, ya que su cultivo, procesamiento

y comercialización constituyen actividades económicas que sostienen a miles de familias en las zonas rurales del país. Sin embargo, a pesar de su relevancia, tanto el camote como la yuca enfrentan serias limitaciones en su aprovechamiento, debido a la falta de tecnologías adecuadas para su transformación y a la escasa valorización de sus propiedades funcionales y nutricionales, lo que resulta en pérdidas poscosecha significativas y en una subutilización de su potencial agroindustrial.

En el Perú, la siembra de camote se realiza en los valles de la costa, de la selva y en las zonas interandinas, a altitudes que varían entre los 500 y los 2000 metros sobre el nivel del mar. Fonseca et al. (2002) señalan que, en las ruinas preincas de estos valles, se han encontrado vestigios de este producto, lo que demuestra su importancia desde tiempos milenarios y su arraigo en la cultura alimentaria del país. La yuca, por su parte, constituye una de las principales plantas alimenticias cultivadas en la Amazonía peruana, donde se ha desarrollado una amplia diversidad de variedades adaptadas a las condiciones ecológicas de la selva baja y alta. Estas condiciones edafoclimáticas son particularmente favorables en la región Piura, donde el cultivo de ambos productos alcanza rendimientos significativos. Según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2016), el rendimiento por hectárea de yuca en el año 2016 fue de 9.148 kg, con un precio pagado al productor de 1,3 soles por kilogramo, mientras que el

rendimiento de camote alcanzó los 19.473 kg por hectárea, con un precio de 1,1 soles por kilogramo. Estos datos revelan una realidad paradójica: a pesar de la alta productividad de estos cultivos, los precios que reciben los productores son considerablemente bajos, lo que limita su capacidad de generar ingresos suficientes para mejorar su calidad de vida. Esta situación se agrava por el hecho de que gran parte de la producción no reúne las condiciones de calidad exigidas por el mercado local, lo que genera un desperdicio de aproximadamente el 20% de la cosecha. Este porcentaje de pérdida, que podría ser mucho mayor en años de sobreproducción o en condiciones climáticas adversas, representa no solo una pérdida económica para los productores, sino también una oportunidad perdida para el aprovechamiento de recursos alimenticios que podrían ser transformados en productos de mayor valor agregado. La necesidad de encontrar alternativas para la utilización de estos productos como insumos principales de procesos agroindustriales se vuelve, por tanto, una prioridad para reducir el desperdicio y para generar opciones de ingresos más estables y sostenibles para las comunidades rurales. La agroindustria ofrece un camino prometedor para la valorización de estos cultivos, permitiendo su transformación en productos de mayor duración, mayor valor nutricional y mayor aceptación en el mercado.

La tecnología de la agroindustria alimentaria, particularmente en lo que respecta a los purés deshidratados o instantáneos, no ha logrado aprovechar en su totalidad el potencial del camote y la yuca como materias primas. Diversos estudios han demostrado la viabilidad del camote en la elaboración de purés deshidratados, pero a la fecha no se han encontrado investigaciones que empleen proporciones combinadas de yuca y camote para dicha preparación. Esta ausencia de investigación representa un vacío significativo en el conocimiento, ya que la combinación de ambos productos podría ofrecer ventajas sinérgicas en términos de propiedades nutricionales, funcionales y sensoriales. El camote, rico en carbohidratos complejos, fibra, vitaminas A y C, y antioxidantes, podría complementar las propiedades de la yuca, que aporta principalmente almidón y energía, y que tiene un menor contenido de nutrientes. La mezcla de ambos productos podría resultar en un puré deshidratado con un perfil nutricional más equilibrado y con mejores características de textura, sabor y color, lo que aumentaría su aceptación por parte de los consumidores. Bajo esa perspectiva, la presente investigación se propuso elaborar un puré deshidratado utilizando diferentes proporciones de mezcla de harina de yuca y camote, para posteriormente ser rehidratado con distintas proporciones de agua, con el propósito de dar un valor agregado a estos productos que no son aprovechados en su totalidad, y, además, de poner al alcance del

consumidor un producto nutritivo y de rápida preparación. La rehidratación es un factor crítico en la calidad del producto final, ya que determina la textura, la consistencia y la aceptabilidad del puré. El control de la proporción de agua añadida durante la rehidratación es esencial para obtener un producto que se asemeje a un puré fresco, con una textura suave y agradable, y que sea fácil de preparar por el consumidor. La investigación busca, por tanto, optimizar las condiciones de rehidratación para obtener un producto que satisfaga las expectativas del consumidor en términos de apariencia, sabor y textura, y que ofrezca una alternativa conveniente y nutritiva para el consumo diario.

El desarrollo de este tipo de productos resulta de gran importancia para la agroindustria, ya que permite la utilización de materias primas que de otra manera podrían perderse, y contribuye a la diversificación de la oferta de alimentos procesados. Además, la producción de purés deshidratados a partir de camote y yuca ofrece la posibilidad de generar empleo en las zonas rurales, al fomentar la instalación de plantas procesadoras y la creación de cadenas de valor que integren a los productores, los procesadores y los comercializadores. De acuerdo con Cruz y Sierra (2015), los productos alimenticios de preparación instantánea continúan aumentando en popularidad por todo el mundo, ya que estos productos buscan adaptarse a la vida agitada de las personas. La industria

de estos alimentos pone al consumidor estos productos en diversas presentaciones para todas las edades, ofreciendo opciones que van desde sopas instantáneas y purés hasta bebidas en polvo y postres. La conveniencia y la rapidez de preparación son atributos altamente valorados por los consumidores modernos, que cada vez disponen de menos tiempo para la cocina y que buscan opciones saludables y sabrosas que puedan ser preparadas en minutos. El puré deshidratado de camote y yuca se enmarca en esta tendencia, ofreciendo un producto que no solo es fácil de preparar, sino que también aporta los beneficios nutricionales de estos tubérculos, ricos en carbohidratos, fibra y micronutrientes. La investigación sobre este producto no solo tiene implicaciones para la industria alimentaria, sino también para la agricultura familiar, al ofrecer una alternativa para el aprovechamiento de los excedentes de producción y para la generación de ingresos adicionales para los pequeños productores. El presente estudio se propone, por tanto, no solo desarrollar un producto técnicamente viable, sino también evaluar su aceptación por parte de los consumidores y su potencial para ser comercializado en el mercado, contribuyendo así al desarrollo de la agroindustria rural y a la mejora de las condiciones de vida de las comunidades productoras.

La investigación se planteó como objetivo general la elaboración de formulaciones de puré deshidratado utilizando diferentes proporciones de mezcla de camote y

yuca, y la evaluación de la aceptabilidad a nivel de consumidor de dichas formulaciones. Para alcanzar este objetivo, se establecieron una serie de objetivos específicos que permitieron abordar las diferentes dimensiones del problema. En primer lugar, se diseñó el flujo de proceso para la obtención del puré deshidratado, lo que implicó la definición de las operaciones unitarias necesarias, la estandarización de las condiciones de procesamiento y la identificación de los puntos críticos de control. El diseño del flujo de proceso es un paso fundamental para asegurar la calidad y la consistencia del producto final, y para facilitar su escalamiento a nivel industrial. En segundo lugar, se evaluaron los parámetros fisicoquímicos de las formulaciones de puré deshidratado, incluyendo la densidad, el porcentaje de humedad y la acidez. Estos parámetros son indicadores clave de la calidad del producto, ya que influyen en su estabilidad, su textura y su sabor. La determinación de estos parámetros permitió caracterizar las diferentes formulaciones y seleccionar aquellas que presentaran las mejores propiedades. En tercer lugar, se determinó la calidad microbiológica de las formulaciones de puré, analizando la presencia de indicadores como aerobios mesófilos, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* y *Salmonella*. El análisis microbiológico es esencial para garantizar la inocuidad del producto y para cumplir con los requisitos de la normativa sanitaria. En cuarto lugar, se realizaron evaluaciones sensoriales de

las formulaciones de puré para medir la aceptabilidad a nivel de consumidor, utilizando una escala hedónica que permitió conocer las preferencias de los consumidores en cuanto a atributos como el color, el olor, el sabor y la textura. La evaluación sensorial es una herramienta fundamental para el desarrollo de nuevos productos, ya que proporciona información sobre la percepción del consumidor y permite orientar las decisiones de formulación y procesamiento. Finalmente, se determinó la composición química proximal del puré con mayor aceptabilidad, para conocer su valor nutricional y para respaldar sus propiedades nutricionales con evidencia científica. La determinación de la composición proximal incluyó el análisis de humedad, proteínas, grasas, carbohidratos, fibra y cenizas, lo que permitió obtener un perfil nutricional completo del producto. El desarrollo de esta investigación, con su enfoque integral y multidisciplinario, aspira a proporcionar una base sólida para el aprovechamiento de los recursos locales y para la innovación en la agroindustria alimentaria, contribuyendo al desarrollo sostenible y a la seguridad alimentaria en el Perú.

Capítulo 2

El puré deshidratado de camote y yuca como alternativa agroindustrial para el aprovechamiento de recursos nativos

RAÍCES EN TRANSFORMACIÓN.

Ciencia y desarrollo en la elaboración de alimentos deshidratados

En el contexto de la seguridad alimentaria mundial, la búsqueda de alternativas tecnológicas que permitan el aprovechamiento integral de los recursos agrícolas se ha convertido en una prioridad para los países en desarrollo. El camote, conocido científicamente como *Ipomoea batatas* (L.) Lam., es considerado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2006, citado por Loor, 2015) como uno de los alimentos más versátiles, subexplotados e importantes a nivel global, con una producción anual que alcanza los 122 millones de toneladas métricas. Esta cifra evidencia el enorme potencial de este tubérculo, que no solo constituye una fuente de carbohidratos de alto valor energético, sino que también aporta vitaminas, minerales y compuestos bioactivos con propiedades benéficas para la salud humana. De manera similar, la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es reconocida como una fuente alimenticia fundamental que genera empleo e ingresos en las comunidades dedicadas a su producción, especialmente en los países en proceso de desarrollo (Aristizábal y Sánchez, 2007). Ambos cultivos comparten características que los convierten en pilares de la agricultura familiar en América Latina, particularmente en el Perú, donde su cultivo se ha mantenido a lo largo de los siglos como parte de la tradición agrícola de las comunidades andinas y amazónicas. La importancia de estos productos trasciende lo meramente nutricional, ya que su cultivo, procesamiento y comercialización constituyen

actividades económicas que sostienen a miles de familias en las zonas rurales del país. Sin embargo, a pesar de su relevancia, tanto el camote como la yuca enfrentan serias limitaciones en su aprovechamiento, debido a la falta de tecnologías adecuadas para su transformación y a la escasa valorización de sus propiedades funcionales y nutricionales, lo que resulta en pérdidas poscosecha significativas y en una subutilización de su potencial agroindustrial. La investigación sobre estos cultivos ha avanzado en los últimos años, pero aún persisten desafíos importantes en cuanto a la diversificación de productos derivados y a la mejora de los procesos de transformación que permitan obtener alimentos de mayor valor agregado y con mejores propiedades de conservación, aspectos que constituyen el núcleo de la presente investigación. El camote y la yuca son cultivos que presentan una alta productividad y una gran adaptabilidad a diferentes condiciones agroecológicas, lo que los convierte en recursos estratégicos para la seguridad alimentaria, especialmente en regiones donde el acceso a otros alimentos es limitado. No obstante, la falta de infraestructura y de conocimientos técnicos para su procesamiento limita su aprovechamiento, generando pérdidas que podrían evitarse con tecnologías apropiadas y accesibles para los pequeños productores, quienes constituyen la mayoría de los agricultores dedicados a estos cultivos.

En el Perú, la siembra de camote se realiza en los valles de la costa, de la selva y en las zonas interandinas, a altitudes que varían entre los 500 y los 2000 metros sobre el nivel del mar. Fonseca et al. (2002) señalan que, en las ruinas preincas de estos valles, se han encontrado vestigios de este producto, lo que demuestra su importancia desde tiempos milenarios y su arraigo en la cultura alimentaria del país. La yuca, por su parte, constituye una de las principales plantas alimenticias cultivadas en la Amazonía peruana, donde se ha desarrollado una amplia diversidad de variedades adaptadas a las condiciones ecológicas de la selva baja y alta. Estas condiciones edafoclimáticas son particularmente favorables en la región Piura, donde el cultivo de ambos productos alcanza rendimientos significativos. Según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2016), el rendimiento por hectárea de yuca en el año 2016 fue de 9.148 kg, con un precio pagado al productor de 1,3 soles por kilogramo, mientras que el rendimiento de camote alcanzó los 19.473 kg por hectárea, con un precio de 1,1 soles por kilogramo. Estos datos revelan una realidad paradójica: a pesar de la alta productividad de estos cultivos, los precios que reciben los productores son considerablemente bajos, lo que limita su capacidad de generar ingresos suficientes para mejorar su calidad de vida. Esta situación se agrava por el hecho de que gran parte de la producción no reúne las condiciones de calidad exigidas por el mercado local, lo que genera

un desperdicio de aproximadamente el 20% de la cosecha. Este porcentaje de pérdida, que podría ser mucho mayor en años de sobreproducción o en condiciones climáticas adversas, representa no solo una pérdida económica para los productores, sino también una oportunidad perdida para el aprovechamiento de recursos alimenticios que podrían ser transformados en productos de mayor valor agregado. La necesidad de encontrar alternativas para la utilización de estos productos como insumos principales de procesos agroindustriales se vuelve, por tanto, una prioridad para reducir el desperdicio y para generar opciones de ingresos más estables y sostenibles para las comunidades rurales. La agroindustria ofrece un camino prometedor para la valorización de estos cultivos, permitiendo su transformación en productos de mayor duración, mayor valor nutricional y mayor aceptación en el mercado, y la deshidratación se presenta como una de las tecnologías más viables para lograr estos objetivos, ya que permite conservar los alimentos por períodos prolongados, reducir su volumen y peso para facilitar su transporte y almacenamiento, y ofrecer al consumidor productos de rápida preparación que se adaptan a los ritmos de vida modernos.

La tecnología de la agroindustria alimentaria, particularmente en lo que respecta a los purés deshidratados o instantáneos, no ha logrado aprovechar en su totalidad el potencial del camote y la yuca como materias primas. Di-

versos estudios han demostrado la viabilidad del camote en la elaboración de purés deshidratados, pero a la fecha no se han encontrado investigaciones que empleen proporciones combinadas de yuca y camote para dicha preparación. Esta ausencia de investigación representa un vacío significativo en el conocimiento, ya que la combinación de ambos productos podría ofrecer ventajas sinérgicas en términos de propiedades nutricionales, funcionales y sensoriales. El camote, rico en carbohidratos complejos, fibra, vitaminas A y C, y antioxidantes, podría complementar las propiedades de la yuca, que aporta principalmente almidón y energía, y que tiene un menor contenido de nutrientes. La mezcla de ambos productos podría resultar en un puré deshidratado con un perfil nutricional más equilibrado y con mejores características de textura, sabor y color, lo que aumentaría su aceptación por parte de los consumidores. La combinación de harinas de camote y yuca en diferentes proporciones permite explorar un amplio espectro de posibilidades en términos de propiedades funcionales y sensoriales, ya que cada uno de estos tubérculos aporta características distintivas que pueden ser aprovechadas para obtener un producto final con atributos únicos. Por ejemplo, el camote aporta dulzor natural y color anaranjado o morado debido a su contenido de carotenos y antocianinas, mientras que la yuca aporta una textura más suave y un sabor neutro que permite resaltar otros ingredientes. La combinación de ambos puede

resultar en un puré con un balance adecuado de sabor, textura y color, que sea atractivo para el consumidor y que ofrezca un perfil nutricional mejorado. Bajo esa perspectiva, la presente investigación se propuso elaborar un puré deshidratado utilizando diferentes proporciones de mezcla de harina de yuca y camote, para posteriormente ser rehidratado con distintas proporciones de agua, con el propósito de dar un valor agregado a estos productos que no son aprovechados en su totalidad, y, además, de poner al alcance del consumidor un producto nutritivo y de rápida preparación. La rehidratación es un factor crítico en la calidad del producto final, ya que determina la textura, la consistencia y la aceptabilidad del puré. El control de la proporción de agua añadida durante la rehidratación es esencial para obtener un producto que se asemeje a un puré fresco, con una textura suave y agradable, y que sea fácil de preparar por el consumidor. La investigación busca, por tanto, optimizar las condiciones de rehidratación para obtener un producto que satisfaga las expectativas del consumidor en términos de apariencia, sabor y textura, y que ofrezca una alternativa conveniente y nutritiva para el consumo diario, contribuyendo así a la diversificación de la oferta de alimentos procesados y a la mejora de la nutrición de la población. La determinación de la proporción óptima de agua para la rehidratación es un aspecto crucial que influye directamente en la percepción del consumidor sobre la calidad del producto, ya que una

cantidad inadecuada de agua puede resultar en un puré demasiado espeso o demasiado líquido, afectando su textura y su atractivo.

El desarrollo de este tipo de productos resulta de gran importancia para la agroindustria, ya que permite la utilización de materias primas que de otra manera podrían perderse, y contribuye a la diversificación de la oferta de alimentos procesados. Además, la producción de purés deshidratados a partir de camote y yuca ofrece la posibilidad de generar empleo en las zonas rurales, al fomentar la instalación de plantas procesadoras y la creación de cadenas de valor que integren a los productores, los procesadores y los comercializadores. De acuerdo con Cruz y Sierra (2015), los productos alimenticios de preparación instantánea continúan aumentando en popularidad por todo el mundo, ya que estos productos buscan adaptarse a la vida agitada de las personas. La industria de estos alimentos pone al consumidor estos productos en diversas presentaciones para todas las edades, ofreciendo opciones que van desde sopas instantáneas y purés hasta bebidas en polvo y postres. La conveniencia y la rapidez de preparación son atributos altamente valorados por los consumidores modernos, que cada vez disponen de menos tiempo para la cocina y que buscan opciones saludables y sabrosas que puedan ser preparadas en minutos. El puré deshidratado de camote y yuca se enmarca en esta tendencia, ofreciendo un producto que no solo es fácil de

preparar, sino que también aporta los beneficios nutricionales de estos tubérculos, ricos en carbohidratos, fibra y micronutrientes. La investigación sobre este producto no solo tiene implicaciones para la industria alimentaria, sino también para la agricultura familiar, al ofrecer una alternativa para el aprovechamiento de los excedentes de producción y para la generación de ingresos adicionales para los pequeños productores. El presente estudio se propone, por tanto, no solo desarrollar un producto técnicamente viable, sino también evaluar su aceptación por parte de los consumidores y su potencial para ser comercializado en el mercado, contribuyendo así al desarrollo de la agroindustria rural y a la mejora de las condiciones de vida de las comunidades productoras. La integración de los pequeños productores en las cadenas de valor agroindustrial es un elemento clave para el desarrollo territorial, ya que les permite acceder a mercados más exigentes y obtener un mayor valor por sus productos. La generación de valor agregado a través del procesamiento de materias primas locales es una estrategia efectiva para mejorar los ingresos de los agricultores y para reducir la migración hacia las zonas urbanas, al ofrecer oportunidades de empleo y desarrollo en las áreas rurales. La agroindustria rural, basada en el aprovechamiento de recursos locales, tiene el potencial de dinamizar las economías locales y de contribuir a la reducción de la pobreza, al mismo tiempo que promueve la conservación de la biodiversidad y de los conocimientos tradicionales.

La investigación se planteó como objetivo general la elaboración de formulaciones de puré deshidratado utilizando diferentes proporciones de mezcla de camote y yuca, y la evaluación de la aceptabilidad a nivel de consumidor de dichas formulaciones. Para alcanzar este objetivo, se establecieron una serie de objetivos específicos que permitieron abordar las diferentes dimensiones del problema. En primer lugar, se diseñó el flujo de proceso para la obtención del puré deshidratado, lo que implicó la definición de las operaciones unitarias necesarias, la estandarización de las condiciones de procesamiento y la identificación de los puntos críticos de control. El diseño del flujo de proceso es un paso fundamental para asegurar la calidad y la consistencia del producto final, y para facilitar su escalamiento a nivel industrial. En segundo lugar, se evaluaron los parámetros fisicoquímicos de las formulaciones de puré deshidratado, incluyendo la densidad, el porcentaje de humedad y la acidez. Estos parámetros son indicadores clave de la calidad del producto, ya que influyen en su estabilidad, su textura y su sabor. La determinación de estos parámetros permitió caracterizar las diferentes formulaciones y seleccionar aquellas que presentaran las mejores propiedades. En tercer lugar, se determinó la calidad microbiológica de las formulaciones de puré, analizando la presencia de indicadores como aerobios mesófilos, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* y *Salmonella*. El análisis microbiológico es

esencial para garantizar la inocuidad del producto y para cumplir con los requisitos de la normativa sanitaria. En cuarto lugar, se realizaron evaluaciones sensoriales de las formulaciones de puré para medir la aceptabilidad a nivel de consumidor, utilizando una escala hedónica que permitió conocer las preferencias de los consumidores en cuanto a atributos como el color, el olor, el sabor y la textura. La evaluación sensorial es una herramienta fundamental para el desarrollo de nuevos productos, ya que proporciona información sobre la percepción del consumidor y permite orientar las decisiones de formulación y procesamiento. Finalmente, se determinó la composición química proximal del puré con mayor aceptabilidad, para conocer su valor nutricional y para respaldar sus propiedades nutricionales con evidencia científica. La determinación de la composición proximal incluyó el análisis de humedad, proteínas, grasas, carbohidratos, fibra y cenizas, lo que permitió obtener un perfil nutricional completo del producto. El desarrollo de esta investigación, con su enfoque integral y multidisciplinario, aspira a proporcionar una base sólida para el aprovechamiento de los recursos locales y para la innovación en la agroindustria alimentaria, contribuyendo al desarrollo sostenible y a la seguridad alimentaria en el Perú. La obtención de un puré deshidratado a partir de camote y yuca, con una buena aceptabilidad sensorial y una calidad microbiológica adecuada, demostraría la viabilidad de esta alternativa y

sentaría las bases para su producción y comercialización a mayor escala, beneficiando a los productores, a los consumidores y a la sociedad en su conjunto. La investigación también busca generar información que pueda ser utilizada por otros investigadores y por el sector productivo para el desarrollo de nuevos productos derivados de estos tubérculos, ampliando así las oportunidades de negocio y contribuyendo a la diversificación de la oferta alimentaria.

Antecedentes de la investigación en purés deshidratados y productos instantáneos a base de tubérculos y granos andinos

El desarrollo de purés instantáneos a partir de materias primas de origen vegetal ha sido objeto de numerosas investigaciones a nivel nacional e internacional, las cuales han demostrado la viabilidad técnica y la aceptabilidad de estos productos en diferentes contextos y para diferentes segmentos de consumidores. Riveros y Fernández (2012) formularon y elaboraron un puré instantáneo a base de papa amarilla *Solanum goniocalyx* L., kiwicha *Amaranthus caudatus* L. y leche entera en polvo, dirigido a niños en periodo de lactancia, en la ciudad de Lima, Perú. Para la preparación del puré, utilizaron papa amarilla variedad “Tumbay” procedente de Huánuco, kiwicha variedad *Amaranthus caudatus* procedente de Huancayo, Junín, y

leche entera comercial en polvo. Emplearon una metodología experimental con proporciones variables de estos ingredientes, logrando obtener la proporción óptima de 30% de papa amarilla, 50% de harina de kiwicha y 20% de leche entera en polvo, para cumplir con los requerimientos de composición aminoacídica especificados por la FAO/OMS (1985). La mezcla obtenida fue evaluada mediante la predicción de calidad proteínica, calculándose el valor del cómputo químico, la cantidad de los componentes en gramos de materia seca, la energía de la mezcla en base seca, el análisis proximal de la mezcla y la relación proteico/energético. Los análisis a los que sometieron las materias primas y el producto final incluyeron: análisis químico proximal por los métodos de AOAC (1984); análisis físicos de clasificación de las materias primas (tamaño, color, humedad, limpieza y estado de maduración); análisis fisicoquímicos, isoterma de adsorción por los modelos de G.A.B. y B.E.T; análisis biológicos (PER y digestibilidad) además de análisis microbiológicos (mesófilos aerobios, coliformes, *Escherichia coli*, *Streptococcus aureus*, hongos y levaduras); y, por último, una evaluación sensorial mediante pruebas de aceptabilidad del producto con niños de 1 a 5 años de edad. Los resultados obtenidos a partir de los análisis fisicoquímicos del puré instantáneo reportaron que fue una mezcla nutritiva, cuya composición química experimental reveló 18.21 g/100 g.m.s. de proteínas y una energía total de 424.02 kcal/100 g.m.s.,

cumpliendo ampliamente las exigencias de los organismos FAO/OMS/ONU (1985) para lactantes. El valor de la capa mono molecular de agua para el producto, hallado con el modelo G.A.B. fue de 4.17 g H₂O/100 g.m.s. y de 3.24 g H₂O/100 g.m.s. para el modelo de B.E.T, lo que dio un promedio de 3.705 g H₂O/100 g.m.s. Los análisis biológicos garantizaron la calidad nutricional del puré deshidratado, encontrando un índice de eficiencia proteica de 3.06 para el PER (superior a la caseína, 2.54) y una digestibilidad de 74.52%, resultando ser un producto apto para el consumo de ablactantes y madres gestantes. Los análisis microbiológicos dieron como resultado <102/g de recuentos de hongos y levaduras, <104/g de aerobios mesófilos viables, <20 NMP/g de coliformes, y una ausencia de *Escherichia coli* y *S. aureus*. La evaluación sensorial determinó que el producto obtuvo buena aceptabilidad en una población de niños panelistas no entrenados de 1 a 5 años de edad, revelando una preferencia del 78.31% bajo un tratamiento estadístico de los datos, lo que demuestra el potencial de este tipo de productos para la alimentación infantil y sugiere que la combinación de tubérculos y granos andinos puede ser una estrategia efectiva para mejorar el perfil nutricional de los alimentos instantáneos. La investigación de Riveros y Fernández es particularmente relevante porque establece que es posible desarrollar purés instantáneos de alto valor nutricional utilizando materias primas locales y que estos productos pueden ser

aceptados por los consumidores, incluso por aquellos más exigentes como los niños en edad temprana, lo que abre un abanico de posibilidades para el desarrollo de alimentos funcionales y nutritivos a partir de recursos andinos y amazónicos. Además, esta investigación demuestra la importancia de realizar un análisis exhaustivo de la calidad nutricional y microbiológica de los productos, asegurando que cumplan con los estándares requeridos para su comercialización y consumo.

Acosta (2012) realizó una investigación orientada a la elaboración de un puré instantáneo a partir de zanahoria blanca y camote en la ciudad de Quito, Ecuador. En el estudio evaluaron parámetros como temperatura, forma, tiempo y velocidad para la deshidratación de camote y zanahoria blanca, así como el porcentaje de absorción de agua y la temperatura de gelatinización de los ensayos. Para determinar los parámetros de secado, los tubérculos fueron cortados en cubos de 2 g, rodajas de 5 mm, y en forma rallada, y fueron sometidos a tres tipos de temperaturas de secado: 60, 70 y 80 °C. La investigación concluyó que, para el proceso de deshidratación de la zanahoria blanca, la temperatura y el tiempo óptimo fueron de 60 °C y 8 horas respectivamente, mientras que dichos parámetros para el camote fueron de 60 °C y 6 horas. Bajo este proceso de deshidratación se generó una mejor forma y se evitó el pardeamiento enzimático, lo que no ocurrió con otros parámetros analizados. Respecto al color de las ha-

rinas, la zanahoria blanca registró un color pantone 7401 U blanco, mientras que el camote fue pantone 726 U café, ambas con un olor característico. En la rehidratación de los purés, comprobaron que por cada 100 g de formulación necesitaron 300 g de agua para obtener la consistencia requerida del puré. Esta investigación resulta relevante porque establece parámetros de procesamiento para el camote que pueden ser aplicados en la elaboración de purés deshidratados, y porque demuestra la importancia del control de las condiciones de deshidratación para preservar la calidad del producto final, especialmente en lo que respecta al color y a la textura. El estudio de Acosta también evidencia que la temperatura de secado es un factor crítico que debe ser cuidadosamente controlado para evitar cambios indeseables en el producto, como el pardeamiento enzimático, que afecta la apariencia y la calidad del mismo, y que el tiempo de secado puede variar según el tipo de materia prima, lo que subraya la necesidad de realizar pruebas específicas para cada producto y para cada condición de procesamiento. Tessaro (2014) investigó un alimento con alto contenido de fructanos: el puré de topinambur *Helianthus tuberosus* L., en la ciudad de Mendoza, Argentina. Los objetivos fueron elaborar un puré con variantes y elevado contenido de fructanos, utilizando tubérculos de topinambur de variedad blanca y roja; cuantificar la cantidad de fructanos en los tubérculos sin procesar y los productos obtenidos de cada elabora-

ción; caracterizar de forma fisicoquímica los tubérculos sin procesar y los purés elaborados; y, por último, realizar una prueba de aceptación del puré preparado mediante un análisis sensorial. Obtuvieron la materia prima mediante tres cosechas en diferentes momentos: 29 de abril, 13 de mayo y 28 de junio de 2013. La materia prima fue destinada para la elaboración de tres purés distintos: puré pasta de topinambur, obtenida por trituration de tubérculos cocidos; puré en polvo, producto resultante de la deshidratación del puré; y puré preparado, producto de la incorporación de ingredientes sobre el puré. Utilizaron equipos como procesador manual, horno de secado por convección y balanza; e insumos como albúmina, leche líquida descremada, manteca, cloruro de sodio y pimienta blanca. Los resultados de la caracterización fisicoquímica de los tubérculos frescos demostraron un mayor contenido de proteína (2.11 g/100g), grasas totales (0.53 g/100g), fibra alimentaria (12.85 g/100g) y fructanos (12.00 g/100g) en la variedad roja respecto a la variedad blanca. El autor concluyó que fue posible elaborar un puré con elevado contenido de fructanos a partir de tubérculos de variedad blanca y roja, y que el proceso no altera de manera significativa a los fructanos contenidos en los mismos, con pérdidas que varían del 0% al 16% dependiendo del ensayo. Esta investigación aporta evidencia sobre la estabilidad de compuestos bioactivos durante el procesamiento de purés, lo que es relevante para el desarrollo de

productos funcionales a partir de tubérculos y raíces, y sugiere que la deshidratación y la elaboración de purés pueden ser métodos adecuados para conservar estos compuestos, ofreciendo así productos con valor agregado para la salud de los consumidores. La investigación de Tessaro es especialmente relevante porque demuestra que es posible conservar compuestos bioactivos como los fructanos durante el procesamiento, lo que abre la posibilidad de desarrollar alimentos funcionales a partir de tubérculos que tradicionalmente no han sido valorados por su contenido de estos compuestos, y que pueden ser utilizados como ingredientes en productos destinados a poblaciones con necesidades nutricionales específicas.

Moscoso (2014) determinó la capacidad antioxidante de compuestos bioactivos (fenoles y antocianinas totales) de cinco clones de papa nativa *Solanum tuberosum* L. y del puré deshidratado en la ciudad de Andahuaylas, Perú. Para medir la capacidad antioxidante utilizó la prueba DPPH (radical 2,2difenil-1-picrilhidrazil), para los compuestos fenólicos el método de Folin Ciocalteu, y para las antocianinas totales el método de pH diferencial. El análisis estadístico fue completamente al azar con comparaciones múltiples. Los clones estudiados fueron 304184-600 (A), 302285-608 (C), 303799-609 (E), 507600-129B (F) y Roja I (H); dentro de estos, el clon C demostró mayor capacidad antioxidante y valores elevados de fenoles totales y antocianinas. La capacidad antioxidante encontrada

presentó valores elevados de 1738.68-3554.44 ug Equivalente Trolox/g muestra b.s, sin embargo, dichos valores descendieron al someter los clones a un proceso tecnológico y elaborar puré deshidratado, registrando valores entre 286.47 y 714.06 ug Equivalente de Trolox/g muestra b.s. Asimismo, el contenido de fenoles totales reflejó el mismo comportamiento, evidenciando un contenido elevado (17025.32 – 27563.68 mg Equivalente de ácido gálico/100 g de muestra b.s.), que disminuyó a valores entre 5821.2 – 6040.41 mg Equivalente de ácido gálico/100 g de muestra b.s. al ser sometido a los mismos procesos tecnológicos. Con respecto al contenido de antocianinas totales, los valores mostraron rangos de 194.73 y 1154.37 mg/100 g muestra b.s., los cuales también disminuyeron a valores de 122.75 – 605.24 mg/100 g muestra b.s. Esta investigación demuestra que el procesamiento de los alimentos, incluyendo la deshidratación, puede afectar significativamente el contenido de compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante, lo que es un aspecto relevante a considerar en el desarrollo de purés deshidratados, ya que la pérdida de estos compuestos puede afectar el valor nutricional y funcional del producto final. Los resultados de Moscoso indican que, aunque el procesamiento puede reducir el contenido de compuestos bioactivos, los purés deshidratados aún pueden conservar una cantidad significativa de estos compuestos, lo que sugiere que estos productos pueden ser una fuente importante de antioxi-

dantes en la dieta. Esta investigación también resalta la importancia de seleccionar variedades de tubérculos con alto contenido de compuestos bioactivos para la elaboración de purés deshidratados, como una estrategia para maximizar el valor nutricional y funcional del producto final, y para ofrecer a los consumidores alimentos que contribuyan a su salud y bienestar. Cruz y Sierra (2015) desarrollaron un puré deshidratado de papa utilizando tres clones candidatos a registro, cosechados en el municipio de Granada de la ciudad de Bogotá, Colombia. Los tubérculos fueron caracterizados fisicoquímicamente utilizando procedimientos establecidos para almidón disponible, materia seca, cenizas, humedad y vitamina C. Utilizando una pre-experimentación, definieron el índice de mezcla y el tiempo entre los ingredientes de una formulación definida y las condiciones de rehidratación por medio del índice de solubilidad y de absorción de agua. Luego, el producto deshidratado a 65 °C durante 9 horas fue sometido a pruebas físicas, reológicas y sensoriales. Los resultados mostraron que el CCR4 presentó mayor humedad entre los clones (76.25%) y el CCR7 obtuvo el mayor valor de porcentaje de cenizas (1.35%); por otro lado, el CCR2 registró el mayor contenido de vitamina C y almidón disponible con valores de 15.15 mg/100g y 14.13% respectivamente. En la formulación del puré deshidratado, el tiempo de mezcla de los ingredientes fue de 10 a 12 minutos. En la prueba de color, el puré registró un

color amarillo opaco, y en la prueba de textura determinó una similitud con una masticabilidad promedio de 3N. mm en los purés de los CCR. Sin embargo, en la prueba sensorial para el puré rehidratado, el CCR2 logró las mayores calificaciones de sabor y olor, aunque en textura y color el mejor fue el CCR7. Esta investigación resalta la importancia de la selección de la variedad de papa como factor determinante en las características sensoriales y funcionales del puré deshidratado, lo que es un aspecto relevante para la selección de materias primas en la elaboración de este tipo de productos, ya que las diferentes variedades pueden aportar atributos sensoriales y nutricionales distintos que influyen en la aceptación del producto por parte de los consumidores. Además, el estudio de Cruz y Sierra demuestra que es posible obtener purés deshidratados con características de textura y color similares a las de los purés frescos, lo que es un aspecto clave para la aceptación del producto por parte de los consumidores, y que el tiempo de mezcla de los ingredientes y las condiciones de rehidratación son factores críticos que deben ser optimizados para obtener un producto de calidad, lo que resalta la importancia de un control riguroso del proceso de elaboración.

Inca (2015) evaluó las propiedades tecnofuncionales y sensoriales de un puré deshidratado de papa nativa fortificado con quinua y oca en la ciudad de Andahuaylas, Perú. Mezcló harinas de papa (HP), oca (HO) y quinua

(HQ) pre-cocidas y tamizadas en una malla de 300 micras, cuyas formulaciones oscilaron entre 40 a 70% de HP, de 20 a 40% de HQ y de 10 a 30% de HO, con un total de nueve formulaciones. Evaluó las propiedades tecnofuncionales como el índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA), densidad aparente (DA), temperatura de gelatinización (TG), así como las propiedades sensoriales, evaluadas por panelistas no entrenados. Los resultados evidenciaron que el incremento de la cantidad de HP aumenta el IAA, el ISA y la DA ($p\text{-valor} < 0.05$); por el contrario, el incremento de HQ y HO las disminuyen. Asimismo, la TG disminuye con el incremento de la cantidad de HP. En la evaluación sensorial, la mayoría de las formulaciones logró apreciaciones de “me es indiferente”, mientras que el tratamiento T2 (40% de harina de papa precocida de la variedad Yawar Huayco, 30% de harina de quinua de la variedad blanco de Junín y 30% de harina de oca de la variedad zapallo) obtuvo una apreciación de “me gusta”. Además, observó que el incremento de sustitución de HQ incide en bajas aceptaciones en el puré. Este estudio evidencia que la incorporación de granos andinos como la quinua puede mejorar el perfil nutricional del puré, pero debe ser cuidadosamente balanceada para no afectar negativamente las características sensoriales y la aceptación del producto, lo que es un aspecto clave a considerar en el desarrollo de nuevos productos alimenticios que buscan combinar diferentes materias primas para mejorar su va-

lor nutricional. La investigación de Inca también demuestra que las propiedades tecnofuncionales de los purés deshidratados, como la capacidad de absorción de agua y la solubilidad, están influenciadas por la composición de la mezcla, y que estas propiedades a su vez afectan la textura y la consistencia del producto rehidratado, lo que resalta la importancia de comprender las interacciones entre los diferentes ingredientes para optimizar la calidad del producto final. Fernández y Martínez (2015) elaboraron en Huacho, Perú una papilla instantánea a base de oca, mashua y leche descremada en polvo, como complemento de la alimentación de niños menores de 3 años. La metodología empleada incluyó un muestreo aleatorio simple al azar, utilizando 20.0 kg de oca, 19.0 kg de mashua y 1.5 kg de leche en polvo como muestra representativa. La formulación técnica fue elaborada mediante el método teórico de cálculo matemático basado en la composición química de las materias primas. Para el procesamiento, emplearon el método deductivo-inductivo, consistente en una serie de experimentos hasta obtener las variables óptimas del proceso. Para el análisis sensorial, emplearon la escala hedónica con un panel de 30 jueces (madres) de niños pre-escolares. Los resultados mostraron que la fórmula óptima para la papilla fue con harinas de oca y mashua con 15%/15% y leche descremada en polvo con 70%; la composición química proximal de dicha fórmula óptima tuvo valores de humedad 5.83 g%, proteína 14.16 g%, gra-

sa 1.110 g%, carbohidratos 62.54 g%, fibra 1.38 g%, cenizas 4.99 g%, calcio 7.23 mg% y fósforo 7.93 mg%. Los análisis microbiológicos estuvieron dentro de los estándares de calidad y la prueba de preferencia realizada en niños obtuvo la calificación de “me gusta” en un 31.3% (24 niños) y “me gusta mucho” en un 16.3% (13 niños). Concluyeron que fue posible elaborar papillas con insumos andinos, registrando una aceptación favorable en niños menores de 3 años y logrando obtener un producto con proteínas de alto valor biológico, elevada densidad energética y a un costo razonable. Esta investigación demuestra que los tubérculos andinos, como la oca y la mashua, pueden ser utilizados para elaborar productos instantáneos de alto valor nutricional destinados a poblaciones vulnerables, como los niños pequeños, y que estos productos pueden ser aceptados por los consumidores, lo que abre oportunidades para el desarrollo de alimentos funcionales y nutritivos a partir de recursos locales que tradicionalmente han sido subutilizados. Guardia (2018) obtuvo un puré deshidratado a partir de papa nativa “Yawar Huayco” *Solanum tuberosum* con “quinua negra” *Chenopodium quinoa* Willd en la ciudad de Huánuco, Perú. Empleó una metodología experimental con seis tratamientos con diferentes proporciones de harina de papa y quinua: T1 (65%-35%), T2 (70%-30%), T3 (75%-25%), T4 (80%-20%), T5 (85%-15%) y T6 (90%-10%). El análisis estadístico fue tratado mediante el programa SPSS y Excel, realizando

un análisis de varianza con un diseño completamente al azar. Según los análisis físicos, demostró que al incrementar la cantidad de harina de papa aumenta el índice de absorción de agua, densidad aparente y el índice de solubilidad de agua, y que el incremento de harina de quinua produce el efecto contrario y descende la temperatura de gelatinización. En la evaluación sensorial, los atributos de sabor, olor, color y apariencia general mostraron que solo tres tratamientos (T4, T5 y T6) obtuvieron la escala de apreciación de “aceptable a bueno”. El T6 registró mayor porcentaje de polifenoles totales con un valor de 0.050 mg AGE/g, mientras que la mayor capacidad antioxidante la obtuvo el T1. El análisis físico químico del T4 registró un pH de 6.84 a 6.82, acidez de 0.0010% a 0.0012%, humedad 14.5%; carbohidratos 74.8%; proteína 5.1%; grasa 1.10% y ceniza 4.5%. El análisis microbiológico registró valores dentro de los límites permitidos, encontrándose apto para el consumo humano. Esta investigación confirma que es posible obtener purés deshidratados a partir de papa nativa y quinua, con características fisicoquímicas y microbiológicas adecuadas, y que la aceptación sensorial está influenciada por la proporción de los ingredientes, lo que resalta la importancia de la optimización de la formulación para obtener un producto que sea aceptado por los consumidores. Los antecedentes revisados demuestran que la elaboración de purés deshidratados y productos instantáneos a partir de tubérculos y granos andinos es

una alternativa viable y con potencial para el desarrollo de productos alimenticios con valor agregado. Las investigaciones previas han abordado diferentes materias primas, combinaciones y metodologías, proporcionando una base sólida para la presente investigación, que busca explorar la combinación de camote y yuca para la elaboración de un puré deshidratado. La combinación de camote y yuca es una alternativa innovadora que no ha sido explorada en estudios anteriores, y que podría ofrecer ventajas en términos de perfil nutricional y propiedades funcionales, aprovechando las características complementarias de ambos tubérculos para obtener un producto de alta calidad y aceptación.

Características y propiedades del camote y la yuca como materias primas para la elaboración de purés deshidratados

El camote, cuyo nombre científico es *Ipomoea batatas* (L.) Lam., es un cultivo valioso que se siembra ampliamente en los países en vía de desarrollo y se cultiva en más de cien naciones. Según Achata et al. (1990), citado por Raudez y Poveda (2004), en términos monetarios, se considera el quinto cultivo en valor alimenticio, adquiriendo mayor importancia por el alto potencial de rendimiento y rusticidad que lo hace un alimento barato. Domínguez et al. (1991), citado por Raudez y Poveda (2004), señalan que tiene mucho valor energético debido

a su contenido de almidón, además de ser fuente importante de otros elementos nutritivos como vitamina A y C, así como de elementos minerales y algunos aminoácidos. El lugar de la domesticación y origen del camote no ha sido definido de manera exacta; sin embargo, considerando los caracteres morfológicos del camote y de sus parientes silvestres del género *Ipomoea*, Austin (1988), citado por Yañez (2002), postuló que el origen fue en algún lugar de la región comprendida entre la península de Yucatán, en México, y la desembocadura del río Orinoco, en Venezuela. El camote presenta raíces que principalmente se usan para consumo humano como hortaliza en sopas, para elaborar dulces, obtener almidón (materia prima para la elaboración de alcohol), y también se usa para la alimentación de los cerdos; el follaje sirve de forraje en la alimentación animal (Espinola et al., 1998, citados por Raudez y Poveda, 2004). Según Roquel (2008), el camote contiene un elevado contenido de vitamina A y carbohidratos, y por hectárea/día genera más energía comestible en comparación con el trigo, arroz o yuca; además, tiene una diversidad de usos gastronómicos e industriales. En la Tabla 1 se presenta la composición química de las raíces y harina de tres variedades de camote, donde la variedad de camote blanco contiene mayor contenido de energía, proteína, carbohidratos, hierro y tiamina, aunque frente a las demás presenta un menor contenido de grasa, calcio, retinol y riboflavina. Los gránulos de almidón de camote

se encuentran en un sistema polimérico semicristalino, con una cristalinidad que varía de 15 a 45%, un tamaño promedio de 10.6 a 16.5 μm , alcanzando la gelatinización a 61.3 °C. El orden de las moléculas en el interior de los gránulos es irreversible y paulatinamente destruido en el proceso de gelatinización, y en el proceso de rehidratación, para formar un gel espesante de buena consistencia se necesita ochenta partes de agua por cada cien de harina (Acosta, 2012). Las harinas de camote son el producto obtenido por procesos de deshidratación, que toma un tiempo de 4 horas hasta alcanzar una humedad no superior al 10%; en buenas condiciones de envasado y almacenamiento, puede tener una vida útil hasta de un año (Acosta, 2012). En el gráfico 1 se muestra el valor nutricional de la harina de camote por cada 100 gramos según el Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (2009). Para obtener harina de camote de calidad, la materia prima debe estar sana y en buen estado de conservación, libre de hongos; además, debe cumplir ciertas características técnicas organolépticas (sabor y olor característico, color característico, apariencia de polvo fluido sin grumos) y físico-químicas (humedad máxima 13%, ceniza máxima 3%, fibra cruda máxima 2%), según la ficha técnica de alimentos de Qali Warma (2016), como se muestra en los gráficos 1 y 2. La versatilidad del camote como materia prima se refleja en la amplia gama de productos que se pueden elaborar a partir de él, desde alimentos tradicionales como el camote cocido o frito, hasta productos más procesados

como harinas, almidones y purés deshidratados. La alta productividad del camote y su adaptabilidad a diferentes condiciones agroecológicas lo convierten en un cultivo estratégico para la seguridad alimentaria, especialmente en regiones donde otros cultivos no son viables. Además, el camote tiene un alto contenido de fibra dietética, que contribuye a la salud digestiva y a la prevención de enfermedades crónicas, lo que añade un valor adicional a los productos derivados de este tubérculo. La variedad de colores del camote, que va desde el blanco hasta el morado intenso, está asociada a diferentes perfiles de compuestos bioactivos, como los carotenos y las antocianinas, que tienen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, lo que hace que los productos derivados del camote no solo sean nutritivos, sino también funcionales y beneficiosos para la salud. Por lo tanto, el desarrollo de purés deshidratados a partir de camote no solo contribuye a la reducción de pérdidas poscosecha, sino que también ofrece a los consumidores un producto saludable y conveniente que puede ser incorporado en la dieta diaria de manera fácil y rápida.

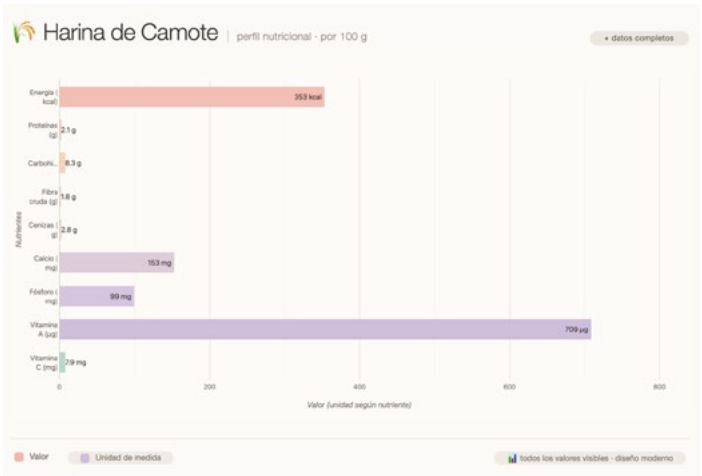
Tabla 1. Composición química del camote (raíz y harina) en 100 g

Energía y nutrientes	Camote anaranjado	Camote blanco	Camote morado	Harina de camote
Energía (kcal)	116	119	110	353
Proteínas (g)	1.2	1.7	1.4	2.1
Grasa (g)	0.2	0.1	0.3	0.9
Carbohidratos (g)	27.6	28.3	25.7	84.3

Energía y nutrientes	Camote anaranjado	Camote blanco	Camote morado	Harina de camote
Fibra (g)	1	0.9	0.9	1.8
Calcio (ml)	41	26	36	153
Fosforo (ml)	31	33	40	99
Hierro (mg)	0.8	2.5	1.4	5.7
Tiamina (mg)	0.1	0.14	0.08	0.17
Retinol (eq)	605	9	11	1542
Riboflavina (mg)	0.05	0.04	0.05	0.17
Niacina (mg)	0.63	0.7	0.82	1.67
Ac.ascórbico (mg)	10	12.9	13.6	7.9

Nota: Espínola et al. (1998), citado por Raudez y Poveda (2004).

Gráfico 1. Valor nutricional de harina de camote por cada 100 gramos



Nota: elaboración propia, tomando del Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (2009).

Gráfico 2. Características organolépticas en la harina de camote



Nota: elaboración propia. Ficha técnica de alimentos - modalidad productos, Qali Warma (2016).

Tabla 2. Característica físico-químicas en la harina de camote

Requisito	Especificación	Referencia
Humedad	Máximo 13 %	NTP 011.500.2009 (revisado 2014)
Ceniza	Máximo 3 %	
Fibra cruda	Máximo 2 %	

Nota: Ficha técnica de alimentos - modalidad productos, Qali Warma (2016).

La yuca, cuyo nombre científico es *Manihot esculenta* Crantz, es una planta que puede alcanzar alturas de 5 metros en ecosistemas silvestres, pero en cultivo no llega a los 3 metros. Las raíces de la planta constituyen la parte de mayor importancia comercial, y su consumo es más elevado en las áreas rurales, por lo que debe considerarse de vital importancia para la economía familiar de los pro-

ductores (Cock, 1989). Se le atribuye al continente americano el origen de la yuca, con una gran extensión que abarca los trópicos americanos desde Venezuela y Colombia hasta el norte de Brasil; la mayor predominancia de la yuca dulce se registra al norte, mientras que la de tipo amargo en la zona de Brasil (Pérez, 2013). El contenido de materia seca de la yuca es de 30 a 40%, una proporción más elevada en comparación con otras raíces y tubérculos, aunque dicho valor está condicionado por la variedad, edad de las raíces al momento de cosecha, y las condiciones edafoclimáticas y fitosanitarias. El 90% de la materia seca está compuesto por azúcares y almidón, siendo el almidón el más representativo; el contenido de energía metabolizable varía de 3500 a 4000 kcal/g en la yuca seca, siendo lo más semejante a la harina de maíz (Cock, 1989). En la gráfico 3 se muestra el contenido de materia seca, carbohidratos y proteínas de algunos tubérculos y raíces, observándose que la yuca contiene mayor porcentaje de materia seca (37.5%) y carbohidratos (92.5%) y un menor contenido de proteína (3.2%) respecto a las otras raíces y tubérculos. En el gráfico 4 se presenta una comparación entre la composición nutricional de un kilogramo de yuca fresca y los requerimientos diarios de un hombre adulto, donde el contenido de energía representa el 58.4%; de calcio, el 66%; de hierro, el 87.5%; y de proteína, el 18.5%, respecto a los requerimientos diarios; sin embargo, el contenido de vitamina A es demasiado bajo

(trazas) respecto a lo requerido (2500 UI). La raíz de yuca puede utilizarse para consumo humano de manera directa (pelada y cocida), como insumo en la alimentación animal (especialmente el follaje) y como materia prima en la industria alimentaria para la obtención de almidón, harina, etc. La importancia de este cultivo industrial radica en su elevado contenido de almidón y su gran proporción de amilosa, además de ser un alimento rico en calorías (Aristizábal y Sánchez, 2007). El contenido de almidón en la yuca representa la segunda fuente de este nutriente en el mundo después del maíz y el trigo, y se usa como almidón nativo (sin modificar) o modificado para mejorar sus propiedades de dispersión, gelificación, viscosidad, consistencia, temperatura y cambios de pH. Los almidones de yuca muestran una forma esférica-truncada, con un tamaño de gránulos homogéneo de 16.5 μm de diámetro promedio, contenido de amilosa y amilopectina de 17 y 83% respectivamente, y una elasticidad de 36.2% que permite su inclusión en sistemas alimenticios como espesante (Hernández et al., 2008). La harina de yuca comestible es el producto obtenido mediante pulverización y molienda a las hojuelas o pasta, seguido de tamizado para separar la fibra; para obtener harina comestible de yuca amarga, antes de dejarlos secar se realiza un remojo de los tubérculos en agua por varios días (CODEX STAN, 1989). En el gráfico 5 se muestra el valor nutricional de la harina de yuca por cada 100 gramos, observándose un elevado

contenido de energía (335 kcal), calcio (135 mg) y fósforo (110 mg), pero un contenido proteico relativamente bajo (1.7 g). En el gráfico 6 se hace referencia a los límites máximos que debe cumplir la harina de yuca en cuanto a humedad (máximo 13%), ceniza (máximo 3%), fibra cruda (máximo 2%) y ácido cianhídrico (máximo 10 mg/kg), según la ficha técnica de Qali Warma (2016). La yuca es un cultivo de gran importancia en la Amazonía peruana, donde se cultiva principalmente para el autoconsumo y para la venta en los mercados locales. La yuca amarga, que contiene altos niveles de ácido cianhídrico, requiere de un procesamiento especial para eliminar la toxicidad, lo que limita su uso directo en la alimentación, pero permite su transformación en harinas y almidones que son utilizados en una amplia variedad de productos alimenticios. La yuca dulce, por el contrario, puede ser consumida directamente después de la cocción, y es la que se utiliza principalmente para la elaboración de harinas y purés. La versatilidad de la yuca como materia prima se refleja en la amplia gama de productos que se pueden elaborar a partir de ella, incluyendo panes, pasteles, galletas, y productos de panadería en general, que pueden ser enriquecidos con otros ingredientes para mejorar su perfil nutricional. La yuca también es una fuente importante de almidón, que es utilizado en la industria alimentaria como espesante, estabilizante y agente de textura, y que puede ser modificado para obtener propiedades específicas, como mayor

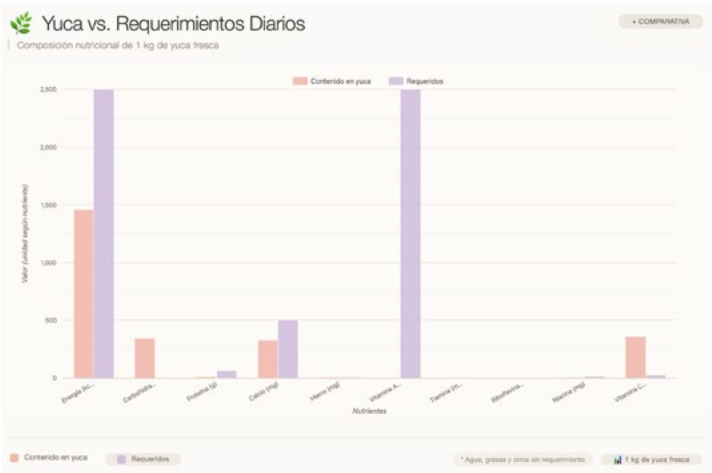
viscosidad o mayor resistencia a la retrogradación. El desarrollo de purés deshidratados a partir de yuca, solo o en combinación con otros tubérculos, ofrece una alternativa para diversificar el uso de este cultivo y para generar productos de mayor valor agregado, que puedan ser comercializados en mercados más exigentes y que contribuyan al desarrollo económico de las comunidades productoras.

Gráfico 3. Contenido nutricional de tubérculos y raíces (materia seca, carbohidratos y proteína)



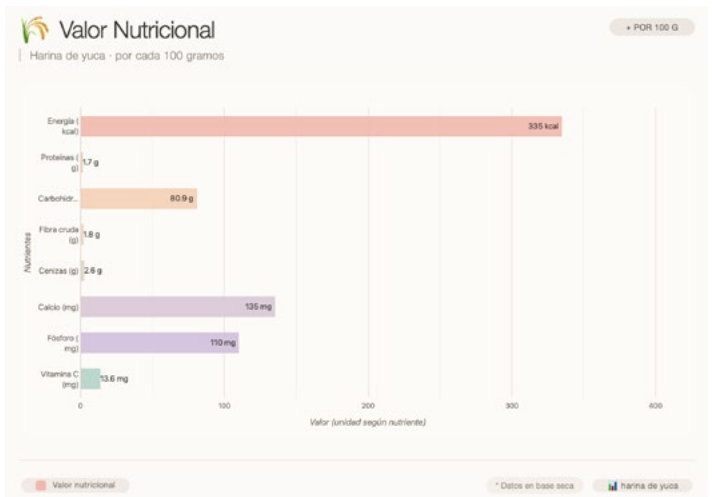
Nota:Elaboración propia, Leslie (1967), citado por Cock (1989).

Gráfico 4. Composición nutricional de 1 kg de yuca vs. requerimientos diarios



Nota: elaboración propia. Leslie (1967), citado por Cock (1989).

Gráfico 5. Valor nutricional de harina de yuca por cada 100 gramos



Nota: elaboración propia. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (2009).

Gráfico 6. Característica físico- químicas en la harina de yuca



Nota: Elaboración propia. Ficha técnica de alimentos-modalidad productos, Qali Warma (2016).

El puré deshidratado o instantáneo. Procesos, características y parámetros de calidad

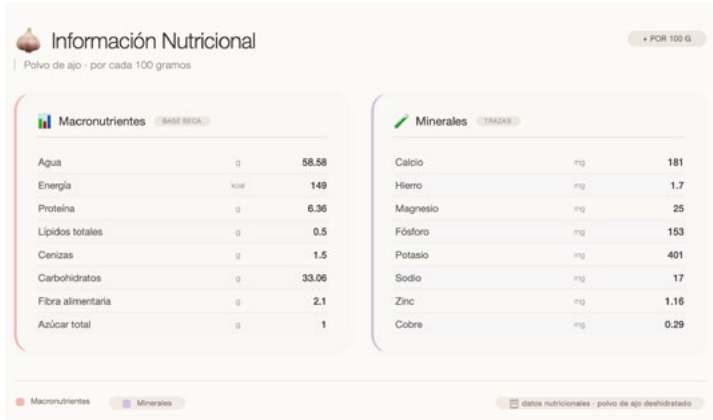
El puré es una papilla que se elabora con legumbres, hortalizas, frutas u otros alimentos, y mediante un proceso de cocción y trituration se obtiene una masa uniforme, libre de impurezas. Según Antezana (2008), citado por Acosta (2012), según su consistencia, más o menos espesa, el puré se consume como sopa o guarnición. Para la denominación “puré de papas instantáneo”, se entiende que el producto ha sido sometido a un proceso de deshidratación, en la cual previamente a la materia prima se

le ha retirado la cáscara para someterlo a un proceso de pre-cocción; el producto obtenido de la deshidratación presenta la forma de copos o gránulos y color característico de la materia prima, registrando una humedad no superior al 8% para una temperatura de deshidratación de 100-105 °C (Tessaro, 2014). La materia prima para realizar este producto pueden ser tubérculos o granos de vegetales, que deben presentar una consistencia gelatinosa al rehidratarse o constituirse igual o semejante al clásico puré de papas; al presentar una consistencia en forma de polvo o copos, reduce parte del trabajo en la elaboración de la receta (Acosta, 2012). Tomando como referencia al puré de patatas instantáneo, el proceso de elaboración de los copos o polvos pasa por un proceso de escaldado: primero, las patatas cortadas son sometidas a una temperatura de 70 °C; luego se deja enfriar hasta alcanzar los 20 °C; posteriormente, la estructura de la papa se rompe para facilitar el mezclado con los aditivos; y por último, se calienta a 150 °C hasta convertir la masa en polvo para ser envasada al vacío (Inca, 2015). Los ingredientes para un puré deshidratado se mezclan y homogenizan en la etapa de formulación, y son utilizados en forma de polvo deshidratado; los polvos vegetales, como cebolla, ajo y perejil, son utilizados como saborizantes naturales. Acosta (2012) utilizó 5% de leche y sal, 1.4% de cebolla, 0.4% de pimienta y 0.2% de ajo en su formulación, mientras que Gutiérrez y Reinoso (2011) utilizaron 5% de leche descremada,

10% de sal, 1.2% de cebolla, 0.2% de perejil, 0.3% de ajo, y en otra fórmula 0.1% de orégano. El ajo deshidratado, obtenido mediante la eliminación parcial del agua del ajo (*Allium sativum* L.), es rico en proteínas, minerales, azúcares y oligoelementos (Heredia, 2004, citado por Gutiérrez y Reinoso, 2011), con un valor nutricional que incluye 149 kcal, 6.36 g de proteína y 33.06 g de carbohidratos por 100 g (Flores, 2011), como se muestra en el gráfico 7. La cebolla deshidratada y el perejil deshidratado son otros ingredientes comunes que aportan sabor y aroma a los purés instantáneos, y que pueden ser rehidratados antes de agregarse a las preparaciones (Heredia, 2004, citado por Gutiérrez y Reinoso, 2011). Los parámetros de calidad de los purés instantáneos incluyen ser ricos en vitaminas B y carbohidratos (alrededor de 75 g por 100 g), bajos en colesterol, de textura sólida, en polvo o escamas con buen sabor y color, de rápida preparación, sin merma ni riesgos de contaminación, con una vida útil de 12 meses, envasados en bolsas de polietileno selladas y acondicionadas en cajas de cartón corrugado (Velásquez, 2008, citado por Acosta, 2012). La calidad microbiológica es un aspecto fundamental para los purés deshidratados. Según la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA, 2003), los productos deshidratados como sopas, cremas, salsas y puré de papas de uso instantáneo se encuentran

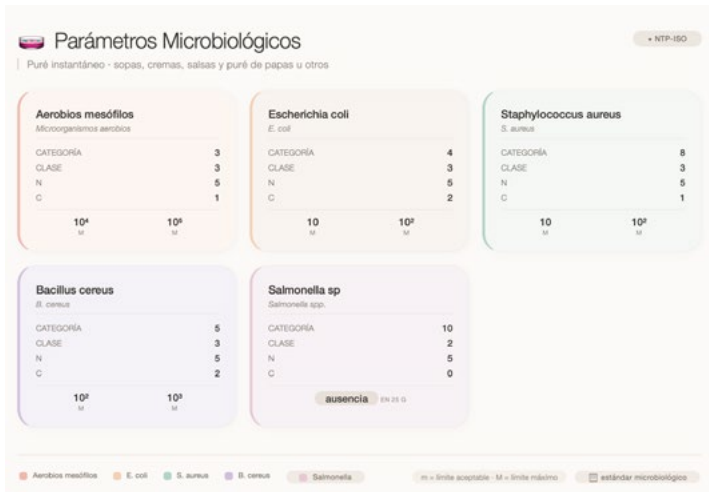
dentro del cuarto grupo de alimentos, y deben cumplir con los límites establecidos para aerobios mesófilos (categoría 3, clase 3, $n=5$, $c=1$, $m=104$, $M=105$), *Escherichia coli* (categoría 4, clase 3, $n=5$, $c=2$, $m=10$, $M=102$), *Staphylococcus aureus* (categoría 8, clase 3, $n=5$, $c=1$, $m=10$, $M=102$), *Bacillus cereus* (categoría 5, clase 3, $n=5$, $c=2$, $m=102$, $M=103$) y *Salmonella* sp (categoría 10, clase 2, $n=5$, $c=0$, ausencia), como se muestra en el gráfico 8. Estos parámetros aseguran que el producto final sea seguro para el consumo humano y cumpla con la normativa sanitaria vigente, garantizando la inocuidad del producto y su aptitud para ser comercializado. El cumplimiento de estos requisitos microbiológicos es esencial para la aceptación del producto en el mercado y para la confianza de los consumidores, ya que la seguridad alimentaria es un aspecto crítico que no puede ser descuidado en ningún proceso de elaboración de alimentos. Además, el control microbiológico debe ser parte de un sistema de gestión de calidad que incluya buenas prácticas de manufactura, que aseguren la higiene y la limpieza en todas las etapas del proceso, desde la recepción de la materia prima hasta el envasado del producto final.

Gráfico 7. Información nutricional de polvo de ajo por cada 100 gramos



Nota: elaboración propia.

Gráfico 8. Parámetros microbiológicos para un puré instantáneo



Nota: elaboración propia.

La rehidratación de polvos deshidratados es un proceso crítico que determina las características finales del alimento. Al momento de la rehidratación, el comportamiento del alimento está determinado por las características del producto deshidratado, y cambian las propiedades sensoriales, nutricionales y químicas (Alban y Figueroa, 2011, citado por Acosta, 2012). Las propiedades de calidad más importantes en un alimento rehidratado son las estructurales (densidad, porosidad, tamaño), las ópticas (color y apariencia), las sensoriales (aroma y sabor) y las nutricionales (contenido de vitaminas, proteínas, azúcares). Los factores que influyen en el proceso de rehidratación incluyen el líquido, la temperatura de solución, la agitación durante el proceso, y las características del producto, entre otros. La deshidratación de alimentos es uno de los métodos más utilizados en la industria procesadora para conservación y para obtener productos novedosos, fáciles de preparar, transportar, almacenar y consumir (Colina, 2010). Esta operación unitaria se fundamenta en la reducción de la actividad del agua (a_w) para disminuir los procesos de deterioro (Casp y Abril, 2003, citado por Acosta, 2012), y cuando se reduce el contenido de humedad de un producto, también se reduce su actividad de agua, inhibiendo o disminuyendo el desarrollo de microorganismos y la velocidad de las reacciones químicas y enzimáticas (Colina, 2010). Durante la deshidratación, cada material muestra una respuesta distinta a las condi-

ciones de operación, dependiendo de factores como velocidad de aire, tiempo y temperatura, por lo que son vitales las pruebas de deshidratación para elegir el tamaño del equipo (Cruz y Sierra, 2015; Calderón, 2010). El término “deshidratación” se utiliza porque en esta operación no solo se retira el agua que actúa como disolvente o inerte, sino también el agua de la constitución de los tejidos, lo que provoca cambios en las cualidades organolépticas de los alimentos (Dueñas, 2018). Los alimentos que pueden deshidratarse incluyen carnes, pescados, frutas, verduras, hierbas aromáticas, té, café, azúcar, sopas, comidas y especias. Las características de un alimento deshidratado incluyen la textura, que depende del tipo de pre-tratamiento, la reducción del tamaño, el pelado, el escaldado y las temperaturas y velocidad de secado; el aroma, que depende de la presión parcial del vapor de agua, factores de deshidratación y la oxidación de lípidos y vitaminas; y el color, que depende del cambio de pigmentos, las elevadas temperaturas y la oxidación de los alimentos (Acosta, 2012). Las ventajas de la deshidratación incluyen la prolongación de la vida útil sin aditivos, el almacenamiento a temperatura ambiente, la reducción de peso y volumen, la compatibilidad con otros alimentos en mezclas secas, la posibilidad de rehidratación a la concentración deseada, la menor producción de residuos y la disponibilidad constante a lo largo del año. Las desventajas incluyen dificultad para una completa rehidratación, modificación de la

textura, el sabor, el olor y el color en algunos productos, y costos elevados en algunos métodos como la liofilización (Colina, 2010). Los métodos de deshidratación incluyen la deshidratación por aire o convección, por conducción, por radiación (infrarroja, dieléctrica o microonda) y por congelación o liofilización (Colina, 2010). Los parámetros de deshidratación más importantes son la temperatura de secado, que debe minimizar el efecto de fenómenos químicos y enzimáticos, fluctuando entre 38 a 71°C (Maupoei, 2001, citado por Colina, 2010; Colina, 2010); y el tiempo de secado, que depende del tipo de secador, la cantidad de alimento, y factores como la cantidad de agua en el producto, el tamaño de los trozos, la temperatura del aire, la humedad relativa del aire y la velocidad del aire (Colina, 2010), como se muestra en el gráfico 9. La humedad de un alimento se define como la cantidad de agua que este posee en forma libre o ligada (Colina, 2010), incluyendo la humedad del sólido (expresada en porcentaje o en base húmeda), la humedad de equilibrio (cantidad de agua que llega a un valor de equilibrio después de un tiempo específico), la humedad libre (agua que se puede retirar mediante deshidratación), la humedad ligada (agua en equilibrio a una atmósfera saturada) y la humedad no ligada (agua no adsorbida que no interactúa con el sólido) (Acosta, 2012; Tecnología de Alimentos, 2008, citado por Acosta, 2012). La actividad de agua (a_w) es la relación entre la presión de vapor del agua del alimento y

la del agua pura a la misma temperatura (Martínez, 2009, citado por Acosta, 2012), y la humedad de equilibrio del aire consiste en usar aire relativamente seco para retirar el agua empapada en un sólido (Tecnología de Alimentos, 2008, citado por Acosta, 2012). El conocimiento de estos parámetros es esencial para el diseño y la operación de los procesos de deshidratación, y para asegurar la calidad y la estabilidad del producto final, ya que cada alimento tiene características únicas que deben ser consideradas para optimizar las condiciones de secado y obtener un producto de alta calidad.

Tabla 3. Características de los alimentos deshidratados

Característica organoléptica	Concepto	Parámetros evaluados
Textura	Es la forma que adquieren los alimentos en la superficie después de ser secados.	Los parámetros evaluados para tener una buena textura son el tipo de pre-tratamiento y la intensidad de aplicación, la reducción del tamaño y el pelado, el escaldado de ciertos alimentos, y las temperaturas elevadas y la velocidad de secado
Aroma	Son los componentes volátiles de los alimentos.	Los parámetros a controlar para obtener un buen aroma son la presión parcial del vapor de agua, factores de deshidratación y por presencia de oxígeno evitar la oxidación de lípidos y vitaminas.
Color	Característica propia que tienen algunos alimentos y que puede variar al ser sometido a secado.	El cambio de pigmentos (clorofila y carotenos), las elevadas temperaturas y la oxidación de los alimentos son los parámetros a evaluar en un alimento sometido a deshidratación.

Nota: Acosta (2012).

Gráfico 9. Factores que afectan el tiempo de secado de un alimento



Nota: elaboración propia.

El análisis sensorial como herramienta para evaluar la aceptabilidad de nuevos productos alimenticios

El análisis sensorial es una medida de múltiples parámetros como la apariencia general, el color, la textura, el olor y el sabor, y ayuda a tener una apreciación global de la aceptación o rechazo de un producto sometida a un grupo de consumidores (Fernández, 2006, citado por Fernández, 2008). Para Grández (2008), esta técnica de

la ciencia de los alimentos estudia sus características organolépticas a través de respuestas de un grupo de personas. Fernández (2008) señala que, desde la infancia, de forma más o menos consciente y de acuerdo a la sensación que experimenta al ingerirlos y observarlos, el ser humano acepta o rechaza un alimento, convirtiéndose en una función primaria de los seres humanos; de esa forma, el aspecto de calidad incide directamente en la reacción del consumidor (calidad sensorial). La comprensión de cómo se relaciona la aceptabilidad global y otros factores con la combinación de variables como la textura, sabor y apariencia determina las preferencias de manera individual de estos componentes, proporcionando una orientación importante en la elaboración o desarrollo del producto (Fernández, 2008). El impulso del análisis sensorial está determinado por la necesidad de una respuesta humana clara, reproducible y precisa; por ello, la información aportada por las evaluaciones de aceptación o rechazo y parámetros fisicoquímicos condiciona la valoración sensorial del producto, haciendo uso de métodos subjetivos de medida y los órganos de los sentidos para que un grupo de personas exprese sus opiniones sobre parámetros sensoriales, los cuales son traducidos a valores numéricos (Fernández, 2008). Existen varias formas de pruebas organolépticas de acuerdo al tipo de evaluación que se desea realizar: las pruebas discriminativas, las pruebas efectivas y las pruebas descriptivas (Fernández, 2008).

En el marco de esta investigación, se utilizaron las pruebas efectivas, específicamente las pruebas de aceptación. Dentro de las pruebas efectivas se encuentran la prueba de aceptación, las pruebas de preferencia y las de grado de aceptación (Fernández, 2008). Para medir el grado de aceptación o rechazo de un alimento o producto, la prueba de aceptación es la más utilizada; para ello, en diferente orden, a cada individuo (consumidor potencial) se le presentan muestras individuales que califica sobre una escala hedónica graduada (Encalada, 2017). La escala más utilizada, la hedónica, se emplea para cuantificar la magnitud del grado de aceptación de un producto; puede tener una forma y una amplitud variable, pero la más utilizada es la escala descriptiva mixta, bipolar de nueve puntos, asociada a un valor descriptivo que manifiesta la intensidad de la sensación de aceptación o de rechazo provocada por el producto sometido a prueba (Fernández, 2008). Sancho et al. (1998) proponen una escala con valoración del 1 (“me disgustó extremadamente”) al 9 (“me gustó extremadamente”) para representar el grado de satisfacción de un producto sometido a prueba de aceptación sensorial, y recomiendan dejar un intervalo de tiempo entre la degustación de una y otra muestra, mediante el enjuague de boca y al beber agua para minimizar las características sensoriales de una muestra a otra. El análisis sensorial es una herramienta fundamental para el desarrollo de nuevos productos, ya que proporciona información directa sobre

la percepción del consumidor y permite realizar ajustes en la formulación y en el proceso para mejorar la aceptación del producto final. La escala hedónica de nueve puntos es ampliamente utilizada en la industria alimentaria por su simplicidad y por la facilidad con la que los consumidores pueden expresar sus preferencias, lo que la convierte en una herramienta valiosa para la evaluación de la aceptabilidad de nuevos productos como el puré deshidratado de camote y yuca. La aplicación de esta escala en la presente investigación permitirá conocer el nivel de aceptación de las diferentes formulaciones y seleccionar la que presente la mejor aceptación por parte de los consumidores, lo que es esencial para su potencial comercialización. Además, el análisis sensorial, combinado con los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, proporciona una visión integral de la calidad del producto, abarcando tanto su seguridad como su atractivo para el consumidor, lo que es fundamental para el éxito de cualquier nuevo producto alimenticio en el mercado. La información obtenida a través del análisis sensorial no solo es útil para la selección de la mejor formulación, sino también para la optimización del proceso de producción y para la identificación de las características que más valoran los consumidores, lo que puede orientar el desarrollo de futuros productos derivados del camote y la yuca. La evaluación sensorial, al ser una técnica que involucra a los consumidores finales, aporta una dimensión humana y subjetiva que comple-

menta los análisis objetivos de laboratorio, y que es esencial para asegurar que el producto no solo sea seguro y nutritivo, sino también agradable y atractivo para quienes lo consumirán. La participación de los consumidores en el proceso de desarrollo de nuevos productos es una práctica cada vez más común en la industria alimentaria, ya que permite reducir el riesgo de fracaso en el mercado y asegurar que el producto final cumpla con las expectativas y preferencias de los consumidores, lo que es fundamental para el éxito comercial. La evaluación sensorial también puede ser utilizada para comparar el producto con otros similares disponibles en el mercado, lo que permite identificar oportunidades de mejora y diferenciación, y para desarrollar estrategias de marketing que destaquen los atributos más valorados por los consumidores. En el caso del puré deshidratado de camote y yuca, la evaluación sensorial permitirá determinar si el producto es competitivo en términos de sabor, textura, color y aroma, y si tiene el potencial para ser aceptado por los consumidores, lo que es esencial para su lanzamiento al mercado. Además, la evaluación sensorial puede ser utilizada para obtener retroalimentación sobre el producto y para realizar ajustes en la formulación o en el proceso de producción, con el objetivo de mejorar la calidad y la aceptación del producto final, lo que es un proceso continuo que debe ser realizado de manera sistemática para asegurar la mejora continua y la satisfacción del consumidor. La inver-

sión en análisis sensorial es una inversión en el éxito del producto, ya que permite tomar decisiones informadas basadas en las preferencias reales de los consumidores, lo que reduce los riesgos y aumenta las probabilidades de éxito en el mercado. Por lo tanto, el análisis sensorial es una herramienta indispensable en el desarrollo de nuevos productos alimenticios, y su aplicación en la presente investigación es fundamental para asegurar que el puré deshidratado de camote y yuca sea un producto que satisfaga las necesidades y expectativas de los consumidores, y que contribuya al desarrollo de la agroindustria rural y a la mejora de la seguridad alimentaria en el Perú. La realización de pruebas sensoriales con un número adecuado de consumidores y siguiendo procedimientos estandarizados asegura la validez y la confiabilidad de los resultados, y proporciona una base sólida para la toma de decisiones sobre la comercialización del producto, lo que es esencial para el éxito de cualquier iniciativa empresarial en el sector agroalimentario.

Capítulo 3

*Los recursos y procedimientos para la elaboración del
puré deshidratado de camote y yuca*

RAÍCES EN TRANSFORMACIÓN.

Ciencia y desarrollo en la elaboración de alimentos deshidratados

La fase experimental de esta investigación requirió de una cuidadosa planificación y ejecución de los procesos de obtención de las harinas pre-cocidas de camote y yuca, así como de la formulación y evaluación del puré deshidratado resultante. El diseño experimental, la selección de materiales y equipos, y la estandarización de las operaciones unitarias fueron aspectos fundamentales para garantizar la calidad y la reproducibilidad de los resultados. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, lo que implicó la medición precisa de variables, la aplicación de análisis estadísticos y la obtención de datos numéricos que permitieran establecer relaciones causales entre los factores de estudio y las respuestas observadas. El diseño experimental adoptado fue de tipo experimental puro, ya que se realizó una manipulación controlada de las variables independientes para evaluar su efecto sobre las variables dependientes, en condiciones que permitieron establecer relaciones de causa y efecto (Hernández et al., 2014). El nivel de la investigación fue descriptivo, ya que se buscó determinar las características de las formulaciones de puré deshidratado en términos de sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales, así como comparar y evaluar el efecto de las diferentes proporciones de mezcla de yuca y camote y de las distintas condiciones de rehidratación sobre la calidad del producto final. La investigación se realizó en el Centro de Desarrollo Agroindustrial de la Universidad Católica

Sedes Sapientiae, Filial Morropón, ubicado en la ciudad de Chulucanas, donde se llevaron a cabo los análisis físicoquímicos y sensoriales de las muestras formuladas. Los análisis microbiológicos de las formulaciones de puré deshidratado y el análisis proximal de la muestra con mayor aceptación se realizaron en la Facultad de Ingeniería Pesquera de la Universidad Nacional de Piura. Geográficamente, el lugar de ejecución se encuentra en el distrito de Chulucanas, provincia de Morropón, región Piura, a 5°05'33" de Latitud Sur y 80°09'44" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, a 92 metros sobre el nivel del mar. La ubicación geográfica y las condiciones climáticas de la zona fueron favorables para el desarrollo de la fase experimental, ya que la temperatura y la humedad relativa se mantuvieron dentro de los rangos adecuados para el procesamiento y almacenamiento de las muestras, lo que contribuyó a la calidad y a la consistencia de los resultados obtenidos. La elección de la Universidad Católica Sedes Sapientiae como sede de la investigación se debió a su infraestructura y equipamiento, que incluye un laboratorio de procesamiento agroindustrial con equipos y materiales necesarios para la deshidratación, molienda, formulación y evaluación de los productos, así como a la disponibilidad de personal técnico capacitado para asistir en la ejecución de los experimentos. El período de ejecución de la investigación abarcó varios meses, durante los cuales se realizaron las diferentes etapas del proceso,

desde la adquisición y preparación de la materia prima hasta la obtención de los datos finales, asegurando que cada etapa se realizara en las condiciones adecuadas para garantizar la validez y la confiabilidad de los resultados. La planificación temporal de cada etapa fue cuidadosamente diseñada para evitar demoras y asegurar que los productos intermedios y finales se mantuvieran en condiciones óptimas, evitando la contaminación y el deterioro de las muestras.

La selección de la materia prima fue un paso crítico para asegurar la calidad del producto final. Se utilizó camote de la variedad blanca y yuca criolla, ambos adquiridos en el mercado de la ciudad de Chulucanas. La elección de estas variedades se basó en su disponibilidad en la región, su precio accesible y sus características organolépticas y funcionales, que las hacen adecuadas para la elaboración de purés deshidratados. El camote blanco fue seleccionado por su contenido de almidón, su sabor suave y su color claro, que permite obtener un puré con una apariencia atractiva y con un sabor neutro que no compite con otros ingredientes. La yuca criolla, por su parte, fue elegida por su alto contenido de almidón, su textura suave y su capacidad de gelificación, que contribuye a la consistencia del puré rehidratado. Ambos productos fueron adquiridos frescos y en buen estado de conservación, seleccionando cuidadosamente aquellos que no presentaban daños mecánicos, podredumbres o signos de deterioro,

ya que la calidad de la materia prima influye directamente en las características del producto final. La utilización de materia prima fresca y de calidad es fundamental para asegurar que el puré deshidratado tenga un buen sabor, una textura adecuada y una vida útil prolongada. Además, la selección de variedades locales y de fácil acceso en la región de Piura contribuye a la sostenibilidad del proyecto, al promover el uso de recursos locales y a reducir la dependencia de insumos externos, lo que es consistente con los principios de la agroindustria rural y el desarrollo territorial. La elección de la variedad blanca de camote, en particular, se justifica por su menor contenido de pigmentos, lo que permite obtener un puré con un color más claro y uniforme, que puede ser más atractivo para algunos consumidores, aunque también se podría explorar el uso de variedades de camote con coloración anaranjada o morada para obtener productos con un mayor contenido de antioxidantes y con colores más intensos. La selección de la yuca criolla, que es una variedad dulce y de fácil cocción, se justifica por su textura suave y su capacidad de absorción de agua, que contribuye a la consistencia y a la cremosidad del puré rehidratado, así como por su bajo contenido de ácido cianhídrico, lo que la hace segura para el consumo humano.

Los materiales y equipos utilizados en la investigación fueron seleccionados por su precisión, durabilidad y adecuación a las necesidades experimentales. Entre

los materiales se incluyeron espátulas, cuchillos de acero inoxidable, bandejas de acero inoxidable, vasos precipitados de 500 y 100 ml, mortero y chancadora comercial, jarras de plástico de 1000 ml, ollas de aluminio, bolsas de polietileno, pinzas, papel aluminio, guantes quirúrgicos, tocas, tapabocas, y otros materiales como envases de plástico, bolsas chequeras, cucharas descartables, vasos descartables, marcadores, lapiceros y agendas. Los equipos utilizados incluyeron una balanza analítica marca RAD-WAG (máx. 220g, min. 10mg), una balanza digital marca Yumico (min. 200g, máx. 30kg), una estufa modelo DHG-9030A (rango de temperatura: 10-250 °C), un termómetro (rango de -50 a 300 °C), una selladora eléctrica modelo KF-300H, un molino manual marca Corona, una picadora eléctrica marca Thomas y una cocina semi-industrial. Estos equipos permitieron realizar las operaciones de pesaje, deshidratación, molienda y sellado de manera precisa y controlada, asegurando la calidad y la reproducibilidad de los resultados. Los insumos utilizados incluyeron agua de mesa, hipoclorito de sodio (lejía comercial al 4%), vinagre blanco, cebolla deshidratada, ajo deshidratado, perejil deshidratado, pimienta negra en polvo, sal y glutamato mono sódico (Ajinomoto). Los reactivos utilizados fueron agua destilada, hidróxido de sodio NaOH al 0.1 normal y

fenolftaleína (indicador). La selección de estos insumos y reactivos se basó en su disponibilidad, su pureza y su adecuación para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos que se realizarían, así como para la formulación de un puré con características sensoriales atractivas para los consumidores. La cebolla, el ajo y el perejil deshidratados fueron preparados en el laboratorio, siguiendo un proceso de deshidratación controlado, para asegurar su calidad y su disponibilidad en las cantidades necesarias para la formulación de los tratamientos. La elección de glutamato mono sódico como potenciador del sabor se basó en su capacidad para realzar el sabor de los alimentos, y su uso en pequeñas cantidades permitió mejorar la aceptabilidad del puré sin alterar sus características nutricionales. El hipoclorito de sodio fue utilizado para la desinfección de la materia prima, asegurando la reducción de la carga microbiana y la inocuidad del producto final, mientras que el vinagre blanco se utilizó para prevenir la oxidación de la cebolla durante el proceso de deshidratación, manteniendo su color y su sabor característicos. La utilización de equipos de precisión y de materiales de calidad es esencial para la investigación experimental, ya que permite minimizar los errores de medición y asegurar la confiabilidad de los resultados, así como para garantizar la reproducibilidad de los experimentos y la consistencia de los productos obtenidos.

El camino experimental para la obtención del puré deshidratado

El proceso de obtención del puré deshidratado a partir de camote y yuca requirió de una cuidadosa planificación y ejecución de las diferentes operaciones unitarias, desde la recepción de la materia prima hasta la obtención de la harina pre-cocida y la formulación del producto final. Se siguió un proceso diferente al propuesto a nivel industrial, debido al equipamiento experimental disponible a nivel de laboratorio, pero siempre respetando los principios teóricos de las operaciones (Tessaro, 2014). Las diferencias más importantes con un proceso industrial incluyeron el lavado, pelado y selección manual, frente a procesos automatizados; la cocción en agua hirviente, frente a la cocción industrial continua por vapor; y la deshidratación en horno convencional, frente a la deshidratación industrial en rodillos calefaccionados. Otra diferencia significativa fue la etapa de formulación, ya que existen dos enfoques principales: Tessaro (2014) realizó la formulación antes de la deshidratación, donde los insumos e ingredientes se mezclan con la pasta de los tubérculos previamente cocidos y triturados, para luego ser sometidos al proceso de deshidratación; mientras que Cruz y Sierra (2015) realizaron la formulación después de la deshidratación, utilizando ingredientes e insumos en polvo o deshidratados. En la presente investigación, se optó por

la segunda opción, formulando el puré deshidratado después de la deshidratación de las harinas de camote y yuca y de los ingredientes, lo que permitió un mayor control sobre la composición final del producto y facilitó la homogenización de los ingredientes. Esta elección se basó en la mayor flexibilidad que ofrece este enfoque para ajustar las proporciones de los ingredientes y para obtener un producto con características sensoriales y funcionales consistentes, además de que simplifica el proceso de producción al permitir la manipulación de ingredientes en polvo, que son más fáciles de mezclar y de almacenar. La elección del enfoque de formulación después de la deshidratación también se justifica por la mayor estabilidad de los ingredientes en polvo, que tienen una vida útil más prolongada que los productos húmedos, lo que facilita la producción a gran escala y la comercialización del producto. Además, la formulación después de la deshidratación permite un control más preciso de la composición final del producto, ya que las proporciones de los ingredientes pueden ser ajustadas con mayor precisión, y también permite una mayor flexibilidad para adaptar el producto a las preferencias de los consumidores y a las demandas del mercado.

El proceso para obtener harina de camote y yuca comenzó con la recepción de la materia prima en el Centro de Procesamiento Agroindustrial de la UCSS, donde se adquirieron camote y yuca del mercado de Chulucanas. Las raíces fueron pesadas en una balanza electrónica de

mesa, registrando los pesos para el control de rendimientos. Luego, se realizó una selección manual para eliminar aquellas raíces que presentaban daños mecánicos o signos de podredumbre, separando la parte afectada cuando los daños no superaban el 80% del producto. Esta etapa es fundamental para asegurar la calidad de la harina, ya que los daños y las podredumbres pueden afectar el sabor, el color y la textura del producto final, además de ser una fuente potencial de contaminación microbiológica. El lavado y la desinfección de las raíces se realizaron de forma manual con agua potable y un cepillo de cerdas duras, para eliminar la tierra y otros elementos extraños, seguido de una inmersión en una solución de agua con hipoclorito de sodio a 30 ppm durante 5 minutos, para reducir la carga microbiana y asegurar la inocuidad del producto. Después del lavado, las raíces fueron escurridas para eliminar el agua remanente. La cocción de las raíces se realizó en agua hirviendo durante 28 minutos en promedio, hasta que alcanzaron la textura adecuada para el pelado y la trituración. Es importante señalar que las raíces de yuca fueron peladas antes de la cocción, mientras que las de camote se pelaron después de la cocción, debido a las diferencias en la estructura de la cáscara y en la facilidad de pelado de cada producto. El pelado del camote después de la cocción facilita la eliminación de la cáscara y reduce las pérdidas de pulpa, mientras que la yuca se pela antes de la cocción para eliminar la cáscara que contiene

compuestos tóxicos y para facilitar el proceso de cocción. Después de la cocción, las raíces fueron enfriadas a temperatura ambiente durante 15 minutos para que fueran manipulables y para facilitar la etapa de pelado en el caso del camote. La trituración de las raíces cocidas se realizó de forma manual con ayuda de un mazo, reduciendo el tamaño de los trozos hasta obtener una pasta de textura homogénea. La pasta fue distribuida en fuentes de acero inoxidable y sometida a deshidratación en una estufa a 100 °C. Durante las dos primeras horas de deshidratación, la pasta fue removida de la superficie de las fuentes para evitar que se adhiriera y para asegurar una deshidratación uniforme. Una vez que la pasta adquirió una textura crocante y quebradiza, fue retirada de la estufa y sometida a molienda en un molino manual de la marca Corona, proceso que se realizó por triplicado hasta obtener harina de finos copos. La harina obtenida fue envasada en bolsas de polietileno y sellada para su conservación. Este proceso de deshidratación y molienda permite obtener una harina de camote y yuca pre-cocida, que es el ingrediente base para la formulación del puré deshidratado y que puede ser almacenada por períodos prolongados sin perder sus propiedades funcionales y sensoriales, siempre que se mantengan las condiciones adecuadas de temperatura y humedad. La obtención de una harina con una humedad baja (inferior al 10%) es esencial para asegurar su estabilidad y su vida útil, ya que la humedad es un factor crítico

que influye en el crecimiento de microorganismos y en las reacciones de deterioro.

El proceso de deshidratación de los ingredientes (ajo, cebolla y perejil) se realizó siguiendo procedimientos similares. El ajo, después de ser recibido y pesado, fue lavado, desinfectado y pelado de forma manual. Luego, fue triturado en pequeños trozos y distribuido en una fuente de acero inoxidable para ser deshidratado en la estufa a 60 °C durante 5 horas, hasta obtener una textura crocante y quebradiza. El producto deshidratado fue molido en el molino manual hasta obtener harina y envasado en bolsas de polietileno selladas. La cebolla, después de ser recibida y pesada, fue seleccionada para eliminar las cebollas en mal estado. Luego, fue lavada, desinfectada, pelada y acondicionada en pequeños trozos finos. Para evitar la oxidación durante la deshidratación, se le adicionó vinagre blanco a la cebolla acondicionada. La cebolla fue distribuida en fuentes de acero inoxidable y deshidratada en la estufa a 60 °C durante 18 horas, removiendo la cebolla a las 2 horas para evitar que se adhiriera a las fuentes. El producto deshidratado fue molido y envasado. El perejil, después de ser recibido y pesado, fue lavado, desinfectado y acondicionado, separando las hojas y los cogollos de las ramas. Las hojas y los cogollos fueron distribuidos en fuentes de acero inoxidable y deshidratados en la estufa a 60 °C durante 5 horas, hasta obtener una textura crocante y quebradiza. El producto deshidratado fue molido

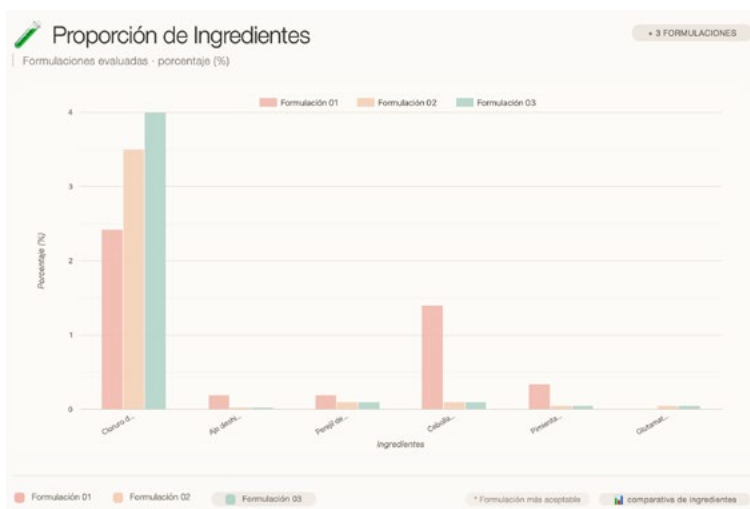
y envasado. La deshidratación de los ingredientes a 60 °C permite preservar sus propiedades organolépticas y su valor nutricional, evitando la degradación de compuestos volátiles y nutrientes sensibles al calor, lo que asegura que el puré deshidratado tenga un sabor y un aroma intensos y naturales. La elección de esta temperatura se basó en estudios previos que han demostrado que es la adecuada para la deshidratación de vegetales, minimizando las pérdidas de nutrientes y las alteraciones en el color y el sabor (Acosta, 2012; Colina, 2010). El control de la temperatura y el tiempo de deshidratación es esencial para obtener un producto de calidad, y la utilización de la estufa permitió un control preciso de estos parámetros, asegurando la consistencia y la reproducibilidad del proceso. La deshidratación de los ingredientes en el laboratorio, en lugar de adquirirlos ya deshidratados, permitió un control total sobre la calidad de los ingredientes, asegurando que estuvieran libres de impurezas y que hubieran sido deshidratados en condiciones óptimas. Además, permitió ahorrar costos y adaptar el proceso a las necesidades específicas de la investigación. La adición de vinagre blanco a la cebolla fue una medida preventiva para evitar el pardeamiento enzimático, que es un problema común en la deshidratación de vegetales y que puede afectar el color y el sabor del producto final.

La formulación del puré deshidratado se realizó una vez obtenidas las harinas de camote y yuca y los ingredientes en polvo (ajo, cebolla y perejil). Para definir la proporción de cada ingrediente, se tomaron como referencia trabajos de investigación relacionados con el tema, pero se tuvieron que variar las proporciones por la intensidad y el déficit de sabor que se percibía en algunos de los ingredientes, según el criterio del tesista y del asesor. Se realizaron tres formulaciones para definir la proporción más adecuada para un tratamiento escogido al azar (70% de yuca y 30% de camote). En la primera formulación, se tomó como referencia el estudio de Cruz y Sierra (2015), que utilizó 2.42% de cloruro de sodio y 0.34% de pimienta negra; el estudio de Acosta (2012), que utilizó 1.4% de cebolla en polvo y 0.2% de ajo en polvo; y el estudio de Gutiérrez y Reinoso (2011), que utilizó 0.2% de perejil en polvo. La primera formulación resultó con un sabor demasiado intenso de los condimentos y un sabor a sal poco perceptible. Por ello, en la segunda formulación, se aumentó la proporción de cloruro de sodio y se disminuyó la proporción de pimienta negra, ajo, perejil y cebolla deshidratada, y se adicionó glutamato mono sódico para mejorar el sabor del puré. En la tercera formulación, se aumentó la proporción de cloruro de sodio, ya que no se percibía su sabor, manteniendo constantes los demás ingredientes. La tercera formulación (4% de cloruro de sodio, 0.03% de ajo deshidratado, 0.10% de perejil

deshidratado, 0.10% de cebolla deshidratada, 0.05% de pimienta negra y 0.05% de glutamato mono sódico) fue la que se empleó en la elaboración de los tratamientos propuestos en esta investigación. La proporción de ingredientes (formulación 3) representó el 4.33% del total de la formulación, y el resto (95.67%) fue la proporción de mezcla de yuca y camote, que varió según los tratamientos establecidos (70%-30%, 50%-50% y 30%-70%). La definición de la formulación óptima fue un proceso iterativo que implicó la evaluación sensorial subjetiva y la retroalimentación constante, y que refleja la importancia del criterio del investigador y del asesor en el desarrollo de productos alimenticios, así como la necesidad de adaptar las recetas a las características de las materias primas locales y a las preferencias de los consumidores. La formulación final fue equilibrada en términos de sabor, aroma y textura, y fue la base para la elaboración de los nueve tratamientos. En el gráfico 10 se muestran las distintas formulaciones realizadas hasta alcanzar la proporción más adecuada, y en la Tabla 4 se detalla la proporción de mezcla de yuca y camote para cada tratamiento, considerando 120 gramos de puré deshidratado por cada uno. La Figura 11 muestra el diagrama de flujo utilizado en la elaboración del puré deshidratado de yuca y camote, que incluye todas las operaciones desde la recepción de la materia prima hasta el envasado y sellado del producto final. El diagrama de flujo es una herramienta esencial para la

estandarización y el control del proceso, ya que permite visualizar de manera clara y ordenada las etapas del proceso, identificar los puntos críticos de control y asegurar la calidad y la consistencia del producto final. La estandarización del proceso es fundamental para la producción a gran escala, ya que garantiza que el producto final tenga las mismas características y calidad en todas las repeticiones, y facilita su control y mejora continua. El diagrama de flujo también es útil para la capacitación del personal y para la transferencia de tecnología, ya que proporciona una guía visual y detallada del proceso, lo que facilita su comprensión y su implementación en otros contextos productivos. La inclusión de todas las operaciones en el diagrama de flujo, desde la recepción de la materia prima hasta el envasado del producto final, permite tener una visión completa del proceso, identificar las operaciones que pueden ser optimizadas y establecer los controles de calidad en cada etapa, asegurando que el producto final cumpla con los estándares de calidad establecidos y que sea seguro para el consumo.

Gráfico 10. Proporción de ingredientes en la formulación más aceptable



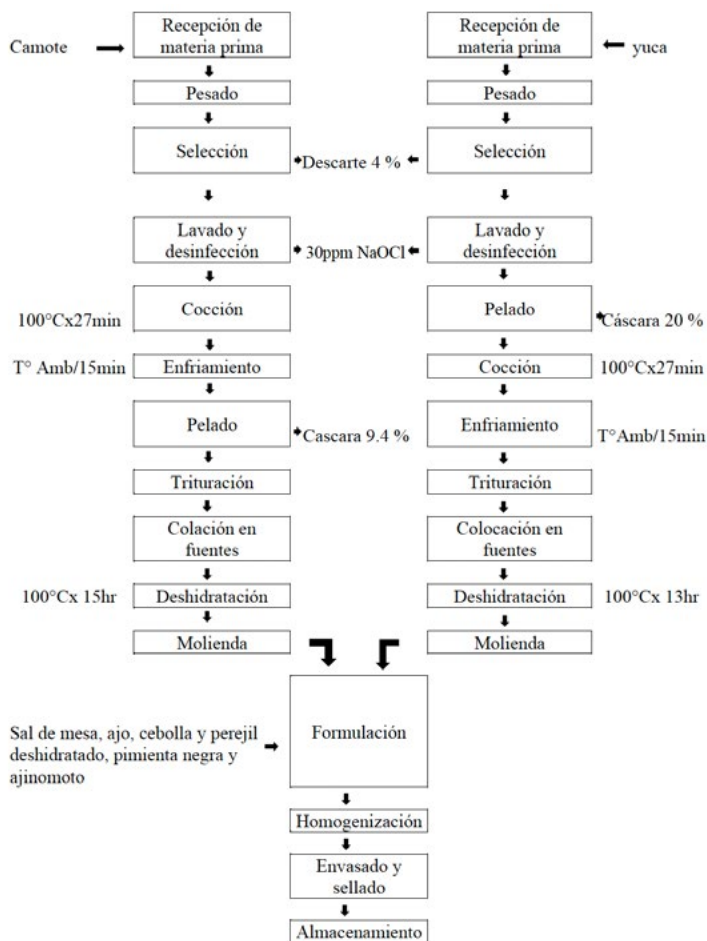
Nota: elaboración propia. Tomando los datos de Cruz y Sierra (2015); Acosta (2012); Gutiérrez y Reinoso (2011).

Tabla 4. Proporciones de yuca y camote para 120 g de puré deshidratado

INSUMOS/PROPORCION	70 % YUCA- 30 % CAMOTE	50 % YUCA- 50 % CAMOTE	30 % YUCA- 70 % CAMOTE
YUCA	80.36 g	57.4 g	34.44 g
COMOTE	34.44 g	57.4 g	80.36 g
INGREDIENTES	5.2 g	5.2 g	5.2 g
TOTAL	120 g	120 g	120 g

Nota: elaboración propia.

Figura 11. Diagrama de flujo del puré deshidratado de yuca y camote.



Nota: elaboración propia.

La determinación de parámetros fisicoquímicos, calidad microbiológica y aceptabilidad sensorial del puré deshidratado

La determinación de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales del puré deshidratado fue un paso fundamental para evaluar la calidad del producto y su conformidad con los estándares establecidos. El porcentaje de humedad se determinó mediante el método gravimétrico por duplicado. Para ello, se colocaron placas Petri en la estufa a 105 °C durante 30 minutos, luego se transfirieron a un desecador con sílica de gel por 10 minutos para su enfriamiento. Posteriormente, se pesaron 5 gramos de muestra en las placas y se introdujeron en la estufa a 105 °C por cuatro horas. Una vez transcurrido el tiempo, las placas fueron retiradas de la estufa, enfriadas en el desecador y pesadas. El porcentaje de humedad se calculó utilizando la fórmula correspondiente, que relaciona el peso inicial y el peso final de la muestra. La humedad es un parámetro crítico en la calidad de los alimentos deshidratados, ya que influye en su estabilidad, su textura y su vida útil, y debe mantenerse dentro de los límites establecidos para evitar el deterioro microbiológico y las reacciones de deterioro. Un contenido de humedad elevado puede favorecer el crecimiento de microorganismos, mientras que un contenido de humedad muy bajo puede afectar la textura y la capacidad de rehidratación del pro-

ducto. Por ello, el control de la humedad es esencial para asegurar la calidad y la estabilidad del puré deshidratado, y para cumplir con los requisitos de la normativa sanitaria. La determinación de la humedad por el método gravimétrico es un procedimiento estándar en el análisis de alimentos, que es preciso y confiable, siempre que se realice bajo condiciones controladas y con el equipo adecuado. El uso de una estufa con control de temperatura y un desecador con sílica de gel asegura que la medición de la humedad sea precisa y reproducible, y que los resultados obtenidos sean comparables con los de otros estudios. El porcentaje de acidez se realizó mediante el método de acidez titulable, midiendo las materias primas principales (harina de yuca y camote) y los nueve tratamientos por triplicado. Para ello, se vertieron 30 ml de agua destilada en un vaso precipitado, se pesaron 3 gramos de muestra, se disolvieron en el agua y se homogenizaron. Luego, se adicionaron tres gotas de fenolftaleína como indicador y se tituló con hidróxido de sodio al 0.1 normal con un factor de corrección de 0.9925. Los datos registrados se introdujeron en la fórmula para calcular el porcentaje de acidez. La acidez es un parámetro importante que influye en el sabor y en la estabilidad del producto, y su medición es esencial para el control de calidad. La acidez titulable, expresada como porcentaje de ácido cítrico o de otro ácido, es un indicador de la cantidad de ácidos presentes

en el alimento, y está relacionada con el sabor y la acidez percibida. Un nivel de acidez adecuado es importante para el equilibrio del sabor del puré deshidratado, y su medición permite controlar la calidad de la materia prima y del producto final. La fenolftaleína es un indicador ácido-base que cambia de color en un rango de pH de 8.2 a 10, y que permite visualizar el punto final de la titulación, asegurando la precisión de la medición. La densidad se midió por triplicado a todas las muestras, empleando la relación masa-volumen. Para ello, se adicionó cada muestra en una probeta graduada a 50 ml hasta ocupar el volumen total, se pesó y se calculó la densidad utilizando la fórmula correspondiente. La densidad es un parámetro físico que influye en el comportamiento del polvo durante el almacenamiento y la manipulación, y puede estar relacionada con la calidad del producto y su capacidad de rehidratación. La densidad aparente de un polvo influye en su fluidez, en su capacidad de mezclado y en su empaque, y puede ser un indicador de la calidad del producto y de su proceso de producción. Una densidad adecuada es importante para el envasado y la manipulación del puré deshidratado, y su medición permite controlar la consistencia y la calidad del producto final. La humedad, la acidez y la densidad son parámetros que permiten caracterizar las materias primas y los productos finales, y que son esenciales para el control de calidad y para la optimización del proceso de producción, ya que proporcionan información

sobre la composición, la estabilidad y las propiedades funcionales del producto. La realización de estos análisis por triplicado asegura la precisión de los resultados y permite calcular el error experimental, lo que aumenta la confiabilidad de las conclusiones obtenidas. La determinación de estos parámetros fisicoquímicos, junto con los análisis microbiológicos y sensoriales, proporciona una visión integral de la calidad del puré deshidratado, lo que es fundamental para su desarrollo y para su aceptación en el mercado.

El análisis microbiológico de las nueve formulaciones de puré deshidratado se realizó en el laboratorio de microbiología de la Facultad de Ingeniería Pesquera de la Universidad Nacional de Piura. Los microorganismos analizados fueron aerobios mesófilos, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* y *Salmonella* sp, de acuerdo a la Resolución Ministerial N° 615-2003 SA/DM (DIGESA, 2003). La metodología para el recuento de aerobios mesófilos siguió la norma técnica mexicana NOM-092-SSA1-1994, que incluye la inoculación de las muestras en placas Petri, la adición de medio de cultivo, la incubación a 35 °C por 48 horas y el conteo de colonias desarrolladas. Para *Salmonella* sp, se tomó como referencia la Norma Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994, que incluye la preparación de la muestra, el enriquecimiento en caldo lactosado y caldo selenito cistina, y el aislamiento en agar xilosa lisina desoxicolato (XLD) y agar verde

brillante (VB), seguido de la identificación de colonias típicas. La calidad microbiológica es esencial para garantizar la inocuidad del producto y su aptitud para el consumo humano, y el cumplimiento de los límites establecidos asegura que el puré deshidratado no represente un riesgo para la salud de los consumidores. Los análisis microbiológicos son un requisito indispensable para la comercialización de alimentos procesados, ya que permiten detectar la presencia de microorganismos patógenos y de indicadores de contaminación, y aseguran que el producto cumpla con la normativa sanitaria vigente. El control microbiológico es parte de un sistema de gestión de calidad que incluye buenas prácticas de manufactura, y que es fundamental para garantizar la calidad y la seguridad del producto a lo largo de toda la cadena de producción. Los microorganismos analizados en este estudio son indicadores de contaminación de origen fecal (*Escherichia coli*), de contaminación por manipuladores (*Staphylococcus aureus*), de contaminación ambiental (aerobios mesófilos) y de microorganismos patógenos (*Salmonella* sp y *Bacillus cereus*). La presencia de estos microorganismos en los alimentos puede causar enfermedades transmitidas por alimentos, por lo que su control es esencial para la salud pública. El laboratorio de la Universidad Nacional de Piura cuenta con la acreditación y la experiencia necesarias para realizar estos análisis con precisión y confiabilidad, siguiendo los protocolos y las normas técnicas

establecidas. Los resultados de los análisis microbiológicos proporcionan información valiosa sobre la calidad del producto y sobre la efectividad del proceso de elaboración, y permiten tomar medidas correctivas si es necesario. La ausencia de microorganismos patógenos y la baja carga microbiana son indicadores de que el proceso de elaboración fue adecuado y que el producto es seguro para el consumo. La realización de estos análisis es un paso obligatorio para la obtención del registro sanitario del producto, que es necesario para su comercialización.

La evaluación sensorial se realizó con el propósito de conocer la aceptabilidad del puré deshidratado a través de una prueba afectiva (escala hedónica verbal de 1 a 9) a nivel de consumidor. Se reclutó a 35 consumidores habituales o potenciales de puré, los cuales fueron alumnos del primero, segundo y octavo ciclo de la carrera de Ingeniería Agroindustrial y de Biocomercio. La prueba de aceptación sensorial se realizó después del proceso de rehidratación del puré deshidratado, para el cual se utilizaron diferentes proporciones de agua (1-4, 1-4.5 y 1-5), respecto a la cantidad de puré deshidratado (120 g por tratamiento). La Tabla 5 muestra la proporción de harina-agua en el proceso de rehidratación, con las cantidades correspondientes de agua para cada relación. El proceso de rehidratación consistió en adicionar la proporción de agua en ollas pequeñas hasta alcanzar la temperatura de ebullición, luego se añadió el puré deshidratado y se removió para evitar la formación de grumos, y se dejó coci-

nar por dos minutos antes de servir. Las muestras fueron codificadas con números de tres dígitos asignados aleatoriamente por un codificador en línea, como se muestra en la Tabla 6. La prueba de aceptación se llevó a cabo en un aula bien iluminada, donde se explicó la ficha de evaluación sensorial a los consumidores y se les entregaron las muestras codificadas, junto con cucharas descartables y agua para enjuagar entre muestras. El análisis sensorial es una herramienta fundamental para el desarrollo de nuevos productos, ya que permite conocer la percepción de los consumidores y orientar las decisiones de formulación y procesamiento, y la escala hedónica de nueve puntos es ampliamente utilizada en la industria alimentaria por su simplicidad y por la facilidad con la que los consumidores pueden expresar sus preferencias. La rehidratación del puré deshidratado es un paso crítico que afecta la textura, el sabor y la apariencia del producto final, y la elección de la proporción adecuada de agua es esencial para obtener un producto con una consistencia y características sensoriales óptimas, que sea aceptado por los consumidores. La codificación aleatoria de las muestras es un procedimiento estándar en los análisis sensoriales, ya que evita sesgos y asegura que los consumidores evalúen cada muestra de manera objetiva, sin influencias externas. El uso de un grupo de consumidores no entrenados, pero habituales o potenciales consumidores de puré, permite obtener una evaluación más realista de la aceptación del producto, en

comparación con la evaluación realizada por panelistas entrenados. La elección de alumnos de la carrera de Ingeniería Agroindustrial y de Biocomercio como consumidores se justifica por su familiaridad con los productos alimenticios y por su disponibilidad para participar en el estudio. La realización de la prueba de aceptación en un ambiente controlado, con instrucciones claras y con los materiales necesarios, asegura que los resultados obtenidos sean confiables y representativos de las preferencias de los consumidores. La evaluación sensorial, junto con los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, proporciona una visión completa de la calidad del puré deshidratado, y permite tomar decisiones informadas sobre su formulación y su comercialización.

Tabla 5. Proporción harina-agua en la rehidratación

FACTOR	CANTIDAD A REHIDRATAR	CANTIDAD DE AGUA
1-4	120 g	480 ml
1-4.5	120 g	540 ml

Nota: elaboración propia.

Tabla 6. Códigos asignados aleatoriamente a cada tratamiento

Tratamiento	Código
T1	367
T2	548
T3	765
T4	437

Tratamiento	Código
T5	925
T6	634
T7	821
T8	192
T9	299

Nota: elaboración propia.

Los tratamientos se estructuraron a partir de la combinación de dos factores: la proporción de mezcla de yuca y camote (factor A) y la proporción de harina y agua para la rehidratación del puré deshidratado (factor B). El factor A tuvo tres niveles: A1 (70% yuca y 30% camote), A2 (50% yuca y 50% camote) y A3 (30% yuca y 70% camote). El factor B también tuvo tres niveles: B1 (1-4), B2 (1-4.5) y B3 (1-5). La Tabla 7 presenta los factores y niveles considerados en la investigación, y la Tabla 8 muestra los nueve tratamientos resultantes de la combinación de estos factores. Cada tratamiento se realizó con tres repeticiones, como se indica en la Tabla 9, lo que dio un total de 27 unidades experimentales. La unidad experimental fue de 120 g de mezcla de camote y yuca. Para la evaluación sensorial, se consideró a los consumidores como bloques, y la Tabla 10 muestra la distribución de los tratamientos por cada consumidor o bloque. La identificación de variables y su mensuración incluyó las variables independientes (proporción de mezcla de yuca y camote, y proporción

de harina y agua para la rehidratación) y las variables dependientes (densidad, porcentaje de humedad, acidez, calidad microbiológica, aceptabilidad a nivel de consumidor para color, sabor, textura y aspectos generales, y composición química proximal). El diseño estadístico para los datos fisicoquímicos fue un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3×3 , con tres repeticiones por tratamiento. El modelo estadístico del arreglo factorial 3×3 se presenta en la ecuación correspondiente, que incluye el efecto medio global, los efectos incrementales de los factores A y B, el efecto de la interacción entre los factores y el término de error. La Tabla 11 muestra el modelo para realizar el análisis de varianza, donde se describen las fuentes de variación, los grados de libertad, la suma de cuadrados, la media cuadrática y el valor F. Para la evaluación sensorial, se utilizó un diseño de bloques completos aleatorios, cuyo modelo estadístico se presenta en la ecuación correspondiente, que incluye el efecto constante, el efecto del factor principal, el efecto del factor bloque y la variable aleatoria. La Tabla 12 muestra la tabla ANOVA para el diseño de bloques completos aleatorios. El análisis de datos se realizó en el paquete estadístico SPSS versión 23, que permitió realizar el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 5% y el análisis estadístico a posteriori, en caso de que los efectos de los factores evaluados resultaran significativos, considerando el cumplimiento del supuesto de homogeneidad de varian-

zas. Los análisis fueron complementados con la elaboración de gráficos y tablas para una mejor interpretación de los resultados. La elección de estos diseños estadísticos es adecuada para el estudio de los efectos de los factores sobre las variables dependientes, y permite determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos y, en caso afirmativo, identificar qué tratamientos son diferentes entre sí. El análisis de varianza y las pruebas post hoc son herramientas esenciales para la interpretación de los resultados experimentales, y su aplicación rigurosa garantiza que las conclusiones derivadas del estudio estén bien fundamentadas y que los resultados sean confiables y reproducibles. La elección del diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x3 permite evaluar los efectos principales de cada factor y la interacción entre ellos, lo que es fundamental para optimizar la formulación del puré deshidratado. El diseño de bloques completos aleatorios para la evaluación sensorial permite controlar la variabilidad entre los consumidores, que es una fuente de error común en este tipo de estudios, y aumentar la precisión de las comparaciones entre los tratamientos. El uso del paquete estadístico SPSS versión 23, que es un software ampliamente utilizado en la investigación en ciencias sociales y en la industria alimentaria, garantiza la calidad y la confiabilidad de los análisis estadísticos realizados. La combinación de un diseño experimental robusto y de un análisis estadístico riguroso es esencial para obtener

conclusiones válidas y para asegurar que los resultados de la investigación sean confiables y puedan ser utilizados para la toma de decisiones.

Tabla 7. Factores y niveles considerados en la investigación

Factor A: Proporción de mezcla de yuca y camote	Factor B: Proporción de harina y agua para la rehidratación del puré
A1: 70 % yuca y 30 % camote	B1: 1-4
A2: 50 % yuca y 50 % camote	B2: 1-4.5
A3: 30 % yuca y 70 % camote	B3: 1-5

Nota: elaboración propia.

Tabla 8. Tratamientos utilizados a nivel experimental

Factores	Yuca 70 %-camote 30% (A1)	Yuca 50 %-camote 50% (A2)	Yuca 30 %-camote 70% (A3)
1-4 (B1)	T1	T2	T3
1-4.5 (B2)	T4	T5	T6
1-5 (B3)	T7	T8	T9

Nota: elaboración propia.

Tabla 9. Distribución de tratamientos y sus repeticiones

TRATAMIENTOS								
T1 (A1B1)	T2 (A2B1)	T3 (A3B1)	T4 (A1B2)	T5 (A2B2)	T6 (A3B2)	T7 (A1B3)	T8 (A2B3)	T9 (A3B3)
R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1
R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2
R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3

Nota: elaboración propia.

Tabla 10. Distribución de tratamientos por consumidor (bloque)

Bloques/Consumidores	Tratamientos							
	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1								
1								
2								
...								
35								

Nota: elaboración propia.

Tabla 11. Tabla ANOVA para el Modelo factorial

F.V	S.C	G.L	M.C	F
Factor A	SCA	a-1	CMA	CMA/CMR
Factor B	SCB	b-1	CMB	CMB/CMR
AxB	SC(AB)	(a-1)(b-1)	CM(AB)	CM(AB)/CMR
Residual	SCR	ab(r-1)67563	CMR	
TOTAL	SCT	ab-1	CMT	

Nota: López y Gonzales (2014).

Tabla 12. Tabla ANOVA para el diseño de bloques completos aleatorios

F.V	S.C	G.L	C.M	F
Entre tratamientos	SCTr	I-1	CMTr	CMTr/CMR
Entre bloques	SCB	J-1	CMB	CMB/CMR
Residual	SCR	(I-1)(J-1)	CMR	
TOTAL	SCT	IJ-1	CMT	

Nota: López y Gonzales (2014).

Capítulo 4

*Los hallazgos obtenidos en la elaboración del puré
deshidratado de camote y yuca*

RAÍCES EN TRANSFORMACIÓN.

Ciencia y desarrollo en la elaboración de alimentos deshidratados

El análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación permite comprender el comportamiento de las diferentes formulaciones de puré deshidratado a base de camote y yuca, así como evaluar su calidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial. Los hallazgos presentados en este capítulo constituyen la base para determinar la viabilidad técnica y la aceptabilidad del producto, y para orientar futuras investigaciones y desarrollos en el ámbito de la agroindustria alimentaria. Los resultados se presentan de manera estructurada, comenzando con el análisis fisicoquímico de las materias primas y de las formulaciones, seguido de la evaluación microbiológica, el análisis sensorial y la composición proximal del producto con mayor aceptación. Finalmente, se presenta el diagrama de operaciones del proceso, que resume las etapas seguidas para la obtención del puré deshidratado. La caracterización fisicoquímica de la harina pre-cocida de yuca y camote reveló diferencias significativas entre ambos productos, lo que era esperable dadas sus distintas composiciones y propiedades funcionales. La harina de camote presentó un mayor porcentaje de acidez (0.855%) en comparación con la harina de yuca (0.35%), lo que puede atribuirse a la presencia de ácidos orgánicos naturales en el camote, como el ácido clorogénico y otros compuestos fenólicos que contribuyen a su sabor y a su color. Por otro lado, la harina de yuca mostró un mayor porcentaje de humedad (5.24%) en comparación con la harina de camote

(3.835%), lo que indica que el proceso de deshidratación fue más efectivo para el camote, posiblemente debido a su menor contenido de almidón y a su mayor porosidad, que facilitan la pérdida de agua. En cuanto a la densidad, ambos productos presentaron valores muy similares (0.845 g/ml para la harina de yuca y 0.835 g/ml para la harina de camote), lo que sugiere que la compactación y el empaquetamiento de las partículas son similares en ambos casos. Estos resultados son consistentes con los reportados por Acosta (2012), quien encontró que la humedad de la harina de camote deshidratada a 60 °C durante 6 horas era inferior al 5%, y por Cock (1989), quien señaló que la harina de yuca tiene un contenido de humedad de alrededor del 5-6% después del secado. La diferencia en la acidez puede ser un factor relevante en el sabor y la estabilidad del puré deshidratado, ya que una mayor acidez puede contribuir a una mayor conservación y a un sabor más ácido, mientras que una acidez más baja puede resultar en un sabor más neutro. La densidad, por su parte, influye en las propiedades de flujo y en el envasado del producto, y una mayor densidad puede facilitar el manejo y el transporte. Los resultados fisicoquímicos obtenidos evidencian diferencias notables entre ambas harinas: la harina de yuca presentó 0.35% de acidez, 5.24% de humedad y 0.845 g/mL de densidad, mientras que la harina de camote mostró 0.855% de acidez, 3.835% de humedad y 0.835 g/mL de densidad, indicando que la harina de camote es más ácida pero me-

nos húmeda y ligeramente menos densa que la de yuca. Estos resultados son fundamentales para la selección de materias primas y la optimización del procesamiento, ya que permiten predecir el comportamiento de las harinas durante la formulación y rehidratación del puré. Asimismo, la variabilidad observada en la acidez y la humedad resalta la necesidad de implementar un riguroso control de calidad, dado que estos parámetros pueden fluctuar según la variedad, las condiciones de cultivo y el procesamiento, afectando la consistencia del producto final.

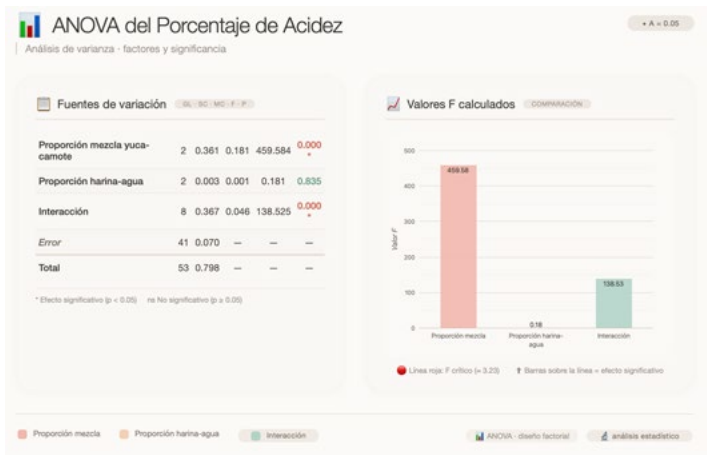
El análisis fisicoquímico de las formulaciones de puré deshidratado

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para el porcentaje de acidez de las formulaciones de puré deshidratado reveló que la proporción de mezcla de yuca y camote tiene una influencia altamente significativa ($p=0.000<0.05$) sobre esta variable, mientras que la proporción de harina y agua para la rehidratación no mostró un efecto significativo ($p=0.835>0.05$). Sin embargo, la interacción entre ambos factores resultó ser altamente significativa ($p=0.000<0.05$), lo que indica que el efecto de la proporción de mezcla sobre la acidez depende de la proporción de agua utilizada en la rehidratación, y viceversa. Este resultado sugiere que la acidez del puré deshidratado está determinada principalmente por la

composición de la mezcla de harinas, y que la adición de agua durante la rehidratación puede modificar este efecto, posiblemente debido a la dilución de los ácidos o a la liberación de compuestos ácidos durante la rehidratación. El análisis post-ANOVA mostró que existen diferencias significativas en el porcentaje de acidez entre las tres proporciones de mezcla de yuca y camote, siendo la mezcla con mayor proporción de camote (30% yuca - 70% camote) la que presentó el mayor porcentaje de acidez, seguida de la mezcla 50%-50% y, finalmente, la mezcla con mayor proporción de yuca (70% yuca - 30% camote). Estos resultados son consistentes con los observados en las harinas pre-cocidas, donde la harina de camote presentó una acidez mucho mayor que la harina de yuca. La acidez del puré deshidratado es un parámetro importante que influye en su sabor y en su estabilidad, y un nivel de acidez adecuado puede contribuir a la conservación del producto y a la percepción de un sabor agradable. El tratamiento 9 (30% yuca - 70% camote, relación 1-5) presentó el mayor porcentaje de acidez (0.7467%), mientras que el tratamiento 4 (70% yuca - 30% camote, relación 1-4.5) presentó el menor porcentaje (0.53%). Estos valores se encuentran dentro del rango esperado para productos similares, y sugieren que la formulación con mayor proporción de camote podría tener una vida útil más prolongada debido a su mayor acidez, aunque también podría tener un sabor más ácido que podría no ser del agrado de to-

dos los consumidores. La acidez de los productos deshidratados es un factor importante que debe ser controlado para asegurar la calidad y la estabilidad del producto, y su medición precisa es esencial para el control de calidad y para la optimización de la formulación. La interacción significativa entre la proporción de mezcla y la proporción de agua sugiere que la acidez del puré rehidratado puede ser modulada ajustando la cantidad de agua, lo que podría ser una estrategia para adaptar el sabor del producto a diferentes preferencias de los consumidores. Por ejemplo, una mayor cantidad de agua podría diluir los ácidos y reducir la acidez percibida, mientras que una menor cantidad de agua podría concentrar los ácidos y aumentar la acidez. Esta flexibilidad en la formulación es una ventaja para el desarrollo de productos que se adapten a diferentes gustos y necesidades.

Gráfico 12. ANOVA del porcentaje de acidez



Nota: elaboración propia.

Tabla 13. Post-ANOVA de acidez según proporción yuca-camote

Análisis post varianza de la acidez				
Variable de- pendiente	Factor		DM	SIG
Prop. Mezcla				
% acidez	70%Yu- ca-30%Ca- mote	50%Yuca-50%Ca- mote	-0.1239	0.000
		30%Yuca-70%Ca- mote	-0.1983	0.000
	50%Yu- ca-50%Ca- mote	70%Yuca-30%Ca- mote	0.1239	0.000
		30%Yuca-70%Ca- mote	-0.744	0.000
	30%Yu- ca-70%Ca- mote	70%Yuca-30%Ca- mote	0.1983	0.000
		50%Yuca-50%Ca- mote	0.0744	0.000

Nota: elaboración propia.

Tabla 14. Acidez media por tratamiento

Tratamiento	Prop. Mezcla	N	Media	Desv. estándar
T1	70-30-1-4/A1B1	6	0.5517	0.01835
T2	50-50-1-4/A2B2	6	0.6867	0.01033
T3	30-70-1-4/A3B3	6	0.7400	0.02191
T4	70-30-1-4.5/A4B4	6	0.5300	0.01789
T5	50-50-1-4.5/A5B5	6	0.6567	0.02251
T6	30-70-1-4.5/A6B6	6	0.7400	0.02191
T7	70-30-1-5/A7B7	6	0.5500	0.01789
T8	50-50-1-5/A8B8	6	0.6600	0.01789
T9	30-70-1-5/A9B9	6	0.7467	0.01033

Nota: elaboración propia.

El análisis de varianza para el porcentaje de humedad mostró que la proporción de mezcla de yuca y camote influye altamente ($p=0.000<0.05$) en esta variable, mientras que la proporción de harina y agua no influye de manera significativa ($p=0.894>0.05$). La interacción entre ambos factores resultó ser significativa ($p=0.000<0.05$), lo que indica que la humedad del puré deshidratado está determinada principalmente por la composición de la mezcla de harinas, y que la adición de agua durante la rehidratación, aunque no afecta directamente la humedad del producto final, puede interactuar con la mezcla y modificar el efecto de la proporción de yuca y camote. El análisis post-ANOVA mostró que existen diferencias significativas en el porcentaje de humedad entre las tres proporciones de mezcla, siendo la mezcla 30% yuca - 70% camote la que presentó el menor porcentaje de humedad, y la mezcla 70% yuca - 30% camote la que presentó el mayor porcentaje. Este resultado indica que el camote, al tener un mayor contenido de almidón y una mayor capacidad de retención de agua, podría absorber más agua durante el proceso de deshidratación, resultando en una menor humedad final. Sin embargo, es importante señalar que todos los valores de humedad obtenidos se encuentran dentro del rango establecido para productos deshidratados, y que un bajo contenido de humedad es esencial para asegurar la estabilidad y la vida útil del producto. El tratamiento 3 (30% yuca - 70% camote, relación

1-4) presentó el menor porcentaje de humedad (4.386%), mientras que el tratamiento 7 (70% yuca - 30% camote, relación 1-5) presentó el mayor porcentaje (5.30%). Estos resultados son consistentes con los obtenidos en las harinas pre-cocidas, donde la harina de camote mostró una menor humedad que la harina de yuca. La humedad es un factor crítico en la calidad de los alimentos deshidratados, ya que influye en su estabilidad y en su vida útil, y su control es esencial para asegurar la calidad del producto y para prevenir el crecimiento de microorganismos. La humedad también influye en la textura y en la capacidad de rehidratación del producto, y una humedad óptima es esencial para obtener un puré rehidratado con una textura adecuada y con una buena aceptación sensorial. La determinación precisa de la humedad es, por lo tanto, un aspecto clave en el control de calidad de los purés deshidratados. La interacción significativa entre la proporción de mezcla y la proporción de agua sugiere que la humedad del producto final puede ser influenciada por la cantidad de agua utilizada durante la rehidratación, aunque este efecto no fue estadísticamente significativo para la humedad. Esto podría deberse a que la humedad se mide en el producto deshidratado, que ya ha sido secado, y el efecto de la rehidratación se observa en el producto final preparado para el consumo.

Tabla 15. ANOVA del porcentaje de humedad

Análisis de la varianza del porcentaje humedad					
Fuente	GL	SC	MC	F	P
Proporción mezcla yuca-camote	2	5.923	2.962	119.054	0.000
Proporción harina-agua	2	0.032	0.016	0.112	0.894
Interacción	8	6.213	0.777	35.704	0.000
Error	41	0.019			
Total	53	12.187			

Nota: elaboración propia.

Tabla 16. Post-ANOVA del porcentaje de humedad

Análisis post varianza de la humedad				
Variable dependiente	Factor		DM	SIG
Prop. Mezcla				
% humedad	70%Yu-ca-30%Camote	50%Yu-ca-50%Camote	0.3931	0.000
		30%Yu-ca-70%Camote	0.8111	0.000
	50%Yu-ca-50%Camote	70%Yu-ca-30%Camote	-0.3931	0.000
		30%Yu-ca-70%Camote	0.418	0.000
	30%Yu-ca-70%Camote	70%Yu-ca-30%Camote	-0.8111	0.000
		50%Yu-ca-50%Camote	-0.418	0.000

Nota: elaboración propia.

Tabla 17. Humedad media por tratamiento

Tratamiento	Prop. Mezcla	N	Media	Desv. Estándar
T1	70-30	6	5.31876	0.288244
T2	50-50	6	4.99436	0.284260
T3	30-70	6	4.38699	0.057845
T4	70-30	6	5.21451	0.047476
T5	50-50	6	4.87821	0.077756
T6	30-70	6	4.58266	0.088612
T7	70-30	6	5.30797	0.074404
T8	50-50	6	4.78932	0.077051
T9	30-70	6	4.43823	0.030058

Nota: elaboración propia.

El análisis de varianza para la densidad del puré deshidratado mostró que la proporción de mezcla de yuca y camote no influye de manera significativa ($p=0.572>0.05$) sobre esta variable, mientras que la proporción de harina y agua para la rehidratación sí tiene un efecto significativo ($p=0.004<0.05$). La interacción entre ambos factores también resultó ser significativa ($p=0.002<0.05$). El análisis post-ANOVA mostró que existen diferencias significativas en la densidad entre las diferentes proporciones de harina y agua, siendo la relación 1-4 la que presentó la mayor densidad, y la relación 1-5 la que presentó la menor densidad. Este resultado indica que la cantidad de agua utilizada para la rehidratación influye en la densidad del puré deshidratado, y que una mayor cantidad de

agua puede resultar en una menor densidad, posiblemente debido a la formación de una estructura más porosa durante el secado. La densidad es una propiedad física importante que influye en la textura y en la capacidad de rehidratación del producto, y una densidad adecuada es esencial para obtener un puré con una consistencia agradable y con una buena capacidad de absorción de agua. Los tratamientos T3 (30% yuca - 70% camote, relación 1-4) presentaron la mayor densidad media (0.8667 g/ml), mientras que el tratamiento T9 (30% yuca - 70% camote, relación 1-5) presentó la menor densidad media (0.8367 g/ml). Aunque las diferencias entre los tratamientos son pequeñas, la densidad es un parámetro que puede influir en la percepción del consumidor y en la facilidad de manipulación del polvo. La densidad aparente de los polvos deshidratados es un factor importante en el envasado y en el transporte, ya que una mayor densidad permite un mayor aprovechamiento del espacio y una reducción de los costos de almacenamiento y transporte. Por lo tanto, el control de la densidad es un aspecto relevante para la optimización del proceso de producción y para la comercialización del puré deshidratado. La densidad también puede estar relacionada con la capacidad de rehidratación del producto, ya que una estructura más porosa (menor densidad) puede absorber agua más rápidamente, lo que puede ser una ventaja para el consumidor que busca un producto de preparación rápida. La relación entre la den-

sidad y la rehidratación es un área que merece ser explorada en futuras investigaciones, para comprender mejor cómo la estructura del polvo afecta su comportamiento durante la rehidratación y cómo se puede optimizar este proceso para obtener un producto de mayor calidad. La interacción significativa entre la proporción de mezcla y la proporción de agua sugiere que la densidad del producto final puede ser modulada ajustando ambos factores, lo que ofrece una oportunidad para optimizar la textura y la capacidad de rehidratación del puré deshidratado.

Tabla 18. ANOVA de la densidad del puré deshidratado

Análisis de la varianza de la densidad del puré deshidratado					
Fuente	GL	SC	MC	F	P
Proporción mezcla yuca-camote	2	0.001	0.000	0.565	0.572
Proporción harina -agua	2	0.002	0.001	6.305	0.004
Interacción	8	0.003	0.000	3.729	0.002
Error	41	0.002			
Total	53	0.008			

Nota: elaboración propia.

Tabla 19. Post-ANOVA de la densidad del puré deshidratado

Análisis post varianza de la densidad				
Variable de- pendiente	Factor Prop. Harina-agua		DM	SIG
Densidad	1-4	1-4.5	0.0090	0.0038
		1-5	0.0133	0.0038
	1-4.5	1-4	-0.0089	0.0038
		1-5	0.0044	0.0038
Densidad	1-5	1-4	-0.0133	0.0038
		1-4.5	-0.0044	0.0038

Nota: elaboración propia.

Tabla 20. Densidad media del puré deshidratado

Tratamiento	Prop. Mezcla	N	Media	Desv. estándar
T1	70-30	6	0.8533	0.00516
T2	50-50	6	0.8500	0.00894
T3	30-70	6	0.8667	0.01033
T4	70-30	6	0.8433	0.00816
T5	50-50	6	0.8483	0.01472
T6	30-70	6	0.8517	0.01169
T7	70-30	6	0.8500	0.01095
T8	50-50	6	0.8433	0.01506
T9	30-70	6	0.8367	0.00516

Nota: elaboración propia.

La calidad microbiológica y la evaluación sensorial del puré deshidratado

Los resultados del análisis microbiológico realizado a las nueve formulaciones de puré deshidratado mostraron que todas las muestras se encuentran dentro de los parámetros establecidos por DIGESA (2003), lo que confirma que el producto es apto para el consumo humano. Los recuentos de aerobios mesófilos variaron entre 2×10^2 UFC/g (muestra código 437) y 83×10^2 UFC/g (muestra código 821), valores que se encuentran muy por debajo del límite máximo de 10^4 UFC/g establecido para este tipo de productos. La ausencia de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* y *Salmonella* sp en todas las muestras indica que el proceso de elaboración y las condiciones de higiene fueron adecuadas para prevenir la contaminación microbiana. La presencia de aerobios mesófilos en los alimentos no es necesariamente un indicador de contaminación patógena, sino que refleja la carga microbiana total, que puede incluir microorganismos no patógenos que se desarrollan en condiciones aeróbicas. Los valores obtenidos en este estudio son comparables a los reportados por otros investigadores, como Guardia (2018), quien encontró recuentos de aerobios mesófilos de 10^4 UFC/g en su puré deshidratado de papa nativa y quinua, y están muy por debajo de los límites establecidos por la normativa, lo que indica que el producto es

seguro para el consumo. La ausencia de patógenos como *Salmonella* y *E. coli* es especialmente importante, ya que estos microorganismos pueden causar enfermedades graves, y su ausencia confirma la inocuidad del producto. Estos resultados validan el proceso de deshidratación y las condiciones de envasado, que lograron reducir significativamente la carga microbiana y prevenir la contaminación. Es importante destacar que la muestra con código 437, que correspondía al T4, fue la que presentó el menor recuento de aerobios mesófilos, lo que podría deberse a una mayor eficiencia en el proceso de deshidratación o a una menor carga microbiana inicial de la materia prima. La muestra con código 821, correspondiente al T7, presentó el mayor recuento, aunque aún dentro de los límites aceptables. Estas diferencias pueden atribuirse a variaciones en las materias primas o en las condiciones de procesamiento, y sugieren la necesidad de un control más riguroso para asegurar la uniformidad del producto. La calidad microbiológica es un aspecto fundamental para la aceptación del producto en el mercado y para la confianza de los consumidores, por lo que el control de la higiene y la realización de análisis microbiológicos periódicos son prácticas esenciales en la producción de alimentos procesados. La calidad microbiológica no solo asegura la inocuidad del producto, sino que también es un indicador de la calidad general del proceso de producción, y una baja carga microbiana sugiere que el producto ha sido elabo-

rado bajo condiciones de higiene adecuadas y que es menos propenso a deteriorarse durante el almacenamiento. Por lo tanto, el control microbiológico es un componente esencial del sistema de gestión de calidad de cualquier empresa procesadora de alimentos.

Tabla 21. Resultados microbiológicos de las formulaciones de puré deshidratado

Muestra /código	Aerobios mesófilos (UFC/g)	E. coli (UFC/g)	Staphylococcus aureus (UFC/g)	Bacillus cereus (UFC/g)	Salmonella sp (ausencia/25g)
(T8)Código 192	32x102	0	0	0	Ausencia
(T9)Código 299	52x102	0	0	0	Ausencia
(T1)Código 367	12x102	0	0	0	Ausencia
(T4)Código 437	2x102	0	0	0	Ausencia
(T2)Código 548	18x102	0	0	0	Ausencia
(T6)Código 634	75x102	0	0	0	Ausencia
(T3)Código 765	5x102	0	0	0	Ausencia
(T7)Código 821	83x102	0	0	0	Ausencia
(T5)Código 925	45x102	0	0	0	Ausencia

Nota: laboratorio de calidad de la Facultad de Ingeniería Pesquera - UNP (2018).

La evaluación sensorial del puré rehidratado se realizó con la participación de 35 consumidores, quienes evaluaron las nueve muestras en cuanto a color, sabor, textura y apariencia general, utilizando una escala hedónica de 1 a 9. El orden de presentación de las muestras fue aleatorizado para cada consumidor, siguiendo un diseño de blo-

ques completos aleatorios, como se muestra en la Tabla 22. Los resultados mostraron que solo el 11% de los consumidores había consumido previamente algún tipo de puré deshidratado, lo que indica que el mercado potencial para este producto es amplio y que existe una oportunidad para introducir un nuevo producto en el mercado. El análisis de varianza para el color mostró que la proporción de mezcla de yuca y camote no influyó significativamente en la percepción del color, mientras que la proporción de harina y agua sí tuvo un efecto significativo ($p=0.018$). El consumidor también tuvo una influencia altamente significativa ($p=0.001$), lo que refleja la variabilidad en las preferencias individuales. La interacción por cada tratamiento no fue significativa. El análisis post-ANOVA mostró que la diferencia de medias fue significativa entre las proporciones 1-4 y 1-5. El tratamiento 8 (50% yuca - 50% camote, relación 1-5) obtuvo la mayor aceptación media (6.51), mientras que el tratamiento 3 (30% yuca - 70% camote, relación 1-4) obtuvo la menor aceptación (5.74). El 66.7% de los tratamientos alcanzaron una puntuación mayor de 6 (“me gustó ligeramente”), lo que indica que la mayoría de las formulaciones fueron aceptables en cuanto al color. El color es un atributo importante en la aceptación de los alimentos, ya que influye en la primera impresión del consumidor y en sus expectativas sobre el sabor y la calidad del producto. La proporción de agua durante la rehidratación parece haber influido en la percepción

del color, posiblemente debido a que una mayor cantidad de agua diluye los pigmentos, resultando en un color más claro, o a que afecta la textura y la forma en que la luz se refleja en la superficie del puré. La variabilidad en las preferencias de los consumidores sugiere que el color es un atributo subjetivo y que diferentes consumidores pueden tener preferencias diferentes, lo que resalta la importancia de ofrecer opciones variadas para satisfacer a un público más amplio. El color del puré, que varió desde un tono beige claro hasta un color más oscuro dependiendo de la proporción de camote, fue percibido de manera diferente por los consumidores, y la formulación con mayor aceptación fue la que presentó un color más equilibrado y atractivo. La evaluación del color es un paso importante en el desarrollo de productos alimenticios, ya que permite ajustar la formulación para obtener un color que sea atractivo para los consumidores, y que esté asociado con la calidad y la frescura del producto. La influencia significativa de la proporción de agua en la percepción del color sugiere que la cantidad de agua utilizada en la rehidratación puede ser un factor importante a considerar para optimizar la apariencia del puré, y que los consumidores pueden preferir un puré con un color más intenso o más claro dependiendo de sus preferencias personales.

Tabla 22. Códigos aleatorios por evaluador

CONSUMIDOR	MUESTRA								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	367	437	548	765	634	299	821	925	192
2	437	765	367	634	821	548	192	299	925
3	367	548	437	299	634	765	821	192	925
4	548	367	437	821	299	634	925	765	192
5	821	437	192	765	634	367	548	299	925
6	925	299	821	634	367	437	192	548	765
7	192	925	634	367	765	548	821	299	437
8	299	192	765	548	821	437	634	367	925
9	548	821	299	437	925	634	765	192	367
10	765	192	634	925	367	437	299	821	548
11	634	925	192	765	548	299	821	367	437
12	548	192	765	634	925	821	367	299	437
13	437	299	367	548	192	765	634	925	821
14	192	765	634	367	299	437	548	821	925
15	299	437	548	821	925	192	765	634	367
16	192	925	821	299	437	548	367	765	634
17	367	548	437	299	821	925	192	634	765
18	765	634	192	925	367	548	437	299	821
19	821	299	765	634	192	437	925	367	548
20	548	367	925	437	299	821	634	765	192
21	634	765	548	367	925	192	821	437	299
22	548	634	765	925	367	821	299	192	437
23	437	192	299	821	548	634	765	925	367
24	925	821	634	192	299	765	367	437	548
25	192	437	548	765	299	925	821	634	367

CONSUMIDOR	MUESTRA								
26	367	548	192	925	765	821	634	299	437
27	299	192	548	821	437	367	765	925	634
28	634	925	765	367	299	192	548	821	437
29	821	548	192	299	634	925	765	367	437
30	437	367	765	925	821	548	192	299	634
31	634	437	299	192	548	821	925	765	367
32	765	925	821	548	192	367	437	634	299
33	192	299	367	634	437	765	821	925	548
34	548	192	925	299	821	367	634	437	765
35	765	437	634	367	821	299	925	192	548

Nota: elaboración propia.

Tabla 23. ANOVA del color según proporción yuca-camote y harina-agua

Análisis de la varianza del color					
Fuente	GL	SC	MC	F	P
Proporción mezcla yuca-camote	2	2.533	1.267	0.513	0.357
Proporción harina-agua	2	19.733	9.867	4.088	0.018
Consumidor	34	370.521	10.898	7.586	0.001
Tratamiento	8	24.000	3.000	1.226	0.283
Error	268	355.956			
Total	314	772.743			

Nota: elaboración propia.

Tabla 24. Prueba de Tukey para el color (post-ANOVA)

Análisis post varianza del color				
Variable dependiente	Proporción harina -agua		DM	SIG
COLOR	1-4	1-4.5	-0.248	0.481
		1-5	0.610	0.013
	1-4.5	1-4	0.248	0.481
		1-5	-0.362	0.211
	1-5	1-4	0.610	0.013
		1-4.5	0.362	0.211

Nota: elaboración propia.

Tabla 25. Aceptación media del color por tratamiento en el puré

Trata- miento	Mezc.yuc y cam.	Prop.har-ag	N	Acep. media	Desv. estandar
T1	70-30	1 a 4	35	5.77	1.516
T2	50-50	1 a 4	35	6.11	1.471
T3	30-70	1 a 4	35	5.74	1.945
T4	70-30	1 a 4.5	35	6.20	1.491
T5	50-50	1 a 4.5	35	6.20	1.431
T6	30-70	1 a 4.5	35	5.97	1.505
T7	70-30	1 a 5	35	6.49	1.401
T8	50-50	1 a 5	35	6.51	1.634
T9	30-70	1 a 5	35	6.46	1.615

Nota: elaboración propia.

El análisis de varianza para el sabor mostró que ni la proporción de mezcla de yuca y camote ($p=0.293$) ni la proporción de harina y agua ($p=0.140$) influyeron sig-

nificativamente en la percepción del sabor. Sin embargo, el consumidor tuvo una influencia altamente significativa ($p=0.001$), lo que indica que las preferencias de sabor son muy subjetivas y varían entre los individuos. La interacción por cada tratamiento tampoco fue significativa. El tratamiento 9 (30% yuca - 70% camote, relación 1-5) obtuvo la mayor aceptación media (6.09), mientras que el tratamiento 1 (70% yuca - 30% camote, relación 1-4) obtuvo la menor aceptación (5.14). Todos los tratamientos alcanzaron una puntuación superior a 5 (“no me gustó ni me disgustó”), y la mayoría se ubicaron en el rango de 5.5 a 6 (“me gustó ligeramente”). Estos resultados indican que el sabor del puré deshidratado fue generalmente aceptable, aunque no alcanzó niveles de “me gustó mucho”. La falta de influencia significativa de los factores de estudio sugiere que el sabor del producto podría estar más influenciado por la formulación de los condimentos que por la proporción de yuca y camote, y que esta formulación fue adecuada para las diferentes mezclas, logrando un sabor equilibrado y aceptable para los consumidores. La variabilidad en las preferencias de los consumidores subraya la importancia de realizar pruebas sensoriales con un número adecuado de panelistas para obtener resultados representativos y para identificar las características de sabor que son más valoradas por los consumidores. El sabor es uno de los atributos más importantes para la aceptación de un alimento, y su optimización es clave para el éxito co-

mercial de un producto. El tratamiento 9, que contenía la mayor proporción de camote y la mayor cantidad de agua para la rehidratación, fue el mejor valorado en sabor, lo que sugiere que una mayor proporción de camote y una mayor hidratación podrían resultar en un sabor más agradable. El camote tiene un sabor naturalmente dulce y suave, que puede ser más atractivo que el sabor más neutro de la yuca, y una mayor hidratación podría contribuir a una textura más suave y a una liberación más completa de los sabores, lo que también puede influir en la percepción del sabor. La percepción del sabor es un proceso complejo que involucra la combinación de múltiples estímulos sensoriales, incluyendo el gusto, el olfato y la textura, y la optimización de estos factores es esencial para obtener un producto que sea aceptado por los consumidores. La falta de influencia significativa de la proporción de yuca y camote y de la proporción de agua sugiere que la formulación de condimentos fue la que realmente determinó el sabor del producto, y que esta formulación fue bien aceptada por los consumidores, lo que indica que la combinación de sal, ajo, cebolla, perejil, pimienta y glutamato monosódico logró un sabor equilibrado y agradable para la mayoría de los consumidores, independientemente de la base de tubérculos utilizada.

Tabla 26. ANOVA del sabor según proporción yuca-camote y harina-agua

Análisis de la varianza del sabor					
Fuente	GL	SC	MC	F	P
Proporción mezcla yuca-camote	2	7.244	3.622	1.23	0.293
Proporción harina-agua	2	11.606	5.803	1.982	0.140
Consumidor	34	380.394	11.188	5.749	0.001
Tratamiento	8	20.425	2.553	0.863	0.548
Error	268	505.614			
Total	314	925.283			

Nota: elaboración propia.

Tabla 27. Aceptación media del sabor por tratamiento en el puré

Tratamiento	Mez yuc-cam	Prop. har-ag	N	Acep. media	Desv. estandar
T1	70-30	1 a 4	35	5.14	1.849
T2	50-50	1 a 4	35	5.54	1.559
T3	30-70	1 a 4	35	5.69	1.659
T4	70-30	1 a 4.5	35	5.43	1.703
T5	50-50	1 a 4.5	35	5.60	1.684
T6	30-70	1 a 4.5	35	5.74	1.821
T7	70-30	1 a 5	35	5.83	1.618
T8	50-50	1 a 5	35	5.83	1.948
T9	30-70	1 a 5	35	6.09	1.597

Nota: elaboración propia.

El análisis de varianza para la textura mostró que ni la proporción de mezcla de yuca y camote ($p=0.562$) ni la proporción de harina y agua ($p=0.240$) influyeron significativamente en la percepción de la textura. El consumidor tuvo una influencia altamente significativa ($p=0.001$), mientras que la interacción por cada tratamiento no fue significativa. El tratamiento 8 (50% yuca - 50% camote, relación 1-5) obtuvo la mayor aceptación media (6.14), mientras que el tratamiento 1 (70% yuca - 30% camote, relación 1-4) obtuvo la menor aceptación (5.34). Los tratamientos 6, 7, 8 y 9 alcanzaron una aceptación media superior a 6 (“me gustó ligeramente”). La textura es un atributo que está relacionado con la consistencia y la sensación en boca del puré, y que es influenciada por la proporción de los ingredientes, el tamaño de las partículas, y la cantidad de agua utilizada en la rehidratación. Los resultados sugieren que las diferentes formulaciones produjeron texturas que fueron aceptables para los consumidores, aunque hubo algunas variaciones en las preferencias. El tratamiento 8, que contenía una proporción equilibrada de yuca y camote y una mayor cantidad de agua, fue el mejor valorado en textura, lo que sugiere que una combinación equilibrada de ambos tubérculos y una mayor hidratación podrían resultar en una textura más agradable. La textura del puré es un atributo importante que influye en la experiencia de consumo, y una textura suave, cremosa y homogénea es generalmente preferida

por los consumidores. La variabilidad en las preferencias de los consumidores subraya la importancia de realizar pruebas sensoriales con un número adecuado de panelistas y de considerar las diferentes preferencias de textura de los consumidores, que pueden variar según la edad, la cultura y las experiencias previas. La falta de influencia significativa de los factores de estudio sugiere que la textura del puré deshidratado fue consistente entre los diferentes tratamientos, y que la adición de agua y la proporción de los tubérculos no afectaron significativamente la textura percibida por los consumidores, lo que indica que el proceso de deshidratación y la formulación de los ingredientes lograron una textura uniforme y aceptable para la mayoría de los consumidores. La textura del puré rehidratado es un factor crítico para su aceptación, ya que una textura poco agradable puede llevar al rechazo del producto, incluso si el sabor y el color son aceptables. Por lo tanto, es importante optimizar la textura del puré para asegurar que sea suave, cremosa y homogénea, y que no presente grumos o una consistencia arenosa o demasiado líquida. La proporción de agua en la rehidratación es un factor clave para controlar la textura, ya que una cantidad insuficiente de agua puede resultar en un puré demasiado espeso y seco, mientras que una cantidad excesiva puede resultar en un puré demasiado líquido y aguado. La optimización de la proporción de agua es, por lo tanto, un paso importante en el desarrollo del producto para asegurar que la textura sea la adecuada.

Tabla 28. ANOVA de la textura del puré rehidratado

Análisis de varianza de la textura					
Fuente	GL	SC	MC	F	P
Proporción mezcla yuca-camote	2	3.333	1.667	0.577	0.562
Proporción harina-agua	2	8.248	4.124	1.435	0.240
Consumidor	34	332.241	9.772	4.780	0.001
Tratamiento	8	18.286	2.286	0.789	0.613
Error	268	542.578			
Total	314	904.686			

Nota: elaboración propia.

Tabla 29. Aceptación media de la textura del puré rehidratado

Tratamiento	Mez yuc-cam	Prop. har-ag	N	Acep. media	Desv. estándar
T1	70-30	1 a 4	35	5.34	1.984
T2	50-50	1 a 4	35	5.77	1.646
T3	30-70	1 a 4	35	5.66	1.970
T4	70-30	1 a 4.5	35	5.77	1.497
T5	50-50	1 a 4.5	35	5.97	1.689
T6	30-70	1 a 4.5	35	6.03	1.361
T7	70-30	1 a 5	35	6.06	1.392
T8	50-50	1 a 5	35	6.14	1.768
T9	30-70	1 a 5	35	6.01	1.880

Nota: elaboración propia.

El análisis de varianza para la apariencia general mostró que ni la proporción de mezcla de yuca y camote ($p=0.932$) ni la proporción de harina y agua ($p=0.142$) influyeron significativamente en este atributo. El consumidor tuvo una influencia altamente significativa ($p=0.001$), mientras que la interacción por cada tratamiento no fue significativa. El tratamiento 9 (30% yuca - 70% camote, relación 1-5) obtuvo la mayor aceptación media (6.16), seguido de los tratamientos 7 y 8 (6.06), mientras que el tratamiento 1 (70% yuca - 30% camote, relación 1-4) obtuvo la menor aceptación (5.37). La apariencia general es un atributo que combina la percepción del color, la textura y la presentación del producto, y que influye en la primera impresión del consumidor y en su disposición a probar el producto. Los resultados indican que la apariencia general del puré deshidratado fue generalmente aceptable, y que la formulación con mayor proporción de camote y mayor cantidad de agua fue la que mejor se adaptó a las preferencias de los consumidores. La apariencia general es un atributo importante para la aceptación de los alimentos, ya que una apariencia atractiva puede aumentar el deseo de probar el producto y mejorar la experiencia de consumo. La variabilidad en las preferencias de los consumidores subraya la importancia de la presentación del producto y de la optimización de los atributos visuales para atraer a los consumidores. La falta de influencia significativa de los factores de estudio sugiere que la apa-

riencia general del puré fue consistente entre los diferentes tratamientos, y que la formulación de los ingredientes y la proporción de agua no afectaron significativamente la apariencia general percibida por los consumidores, lo que indica que el producto tiene una apariencia atractiva y uniforme que es aceptable para la mayoría de los consumidores. La apariencia general del puré rehidratado es un factor importante para su aceptación, ya que una apariencia poco atractiva puede llevar al rechazo del producto, incluso si el sabor y la textura son aceptables. Por lo tanto, es importante optimizar la apariencia del puré para asegurar que sea visualmente atractivo, con un color agradable y una textura que se vea suave y cremosa. La presentación del producto, incluyendo el envase y la forma de servir, también puede influir en la percepción de la apariencia general, por lo que es importante considerar estos aspectos en el desarrollo y la comercialización del producto.

Tabla 30. ANOVA de la apariencia general del puré rehidratado

Análisis de la varianza de la apariencia general					
Fuente	GL	SC	MC	F	P
Proporción mezcla yuca-camote	2	0.387	0.194	0.070	0.932
Proporción harina-agua	2	10.711	5.356	1.964	0.142
Consumidor	34	385.860	11.349	6.682	0.001
Tratamiento	8	16.787	2.098	0.760	0.638
Error	268	447.670			
Total	314	861.416			

Nota: elaboración propia.

Tabla 31. Aceptación media de la apariencia general del puré rehidratado

Tratamiento	Prop. Mezcla	Prop. har-ag	N	Acep. media	Desv. estándar
T1	70-30	1 a 4	35	5.37	1.832
T2	50-50	1 a 4	35	5.91	1.652
T3	30-70	1 a 4	35	5.66	1.662
T4	70-30	1 a 4.5	35	5.86	1.458
T5	50-50	1 a 4.5	35	5.66	1.589
T6	30-70	1 a 4.5	35	5.80	1.729
T7	70-30	1 a 5	35	6.06	1.537
T8	50-50	1 a 5	35	6.06	1.765
T9	30-70	1 a 5	35	6.16	1.697

Nota: elaboración propia.

La composición proximal del puré con mayor aceptación y el diagrama de operaciones del proceso

El análisis proximal realizado al tratamiento 9, que fue el de mayor aceptación sensorial, mostró que 100 gramos de puré deshidratado contienen 5.1% de humedad, 6.22% de cenizas totales, 0.6% de grasa total, 5.66% de proteína total, 82.42% de carbohidratos totales y 357.72 kcal de energía. El bajo contenido de grasa (0.6%) es una característica favorable, ya que un bajo contenido de grasa es percibido como saludable por los consumidores, y contribuye a una mayor estabilidad del producto, ya que las grasas son susceptibles a la oxidación y al deterioro. El

contenido de proteína (5.66%) es moderado y comparable al de otros purés deshidratados a base de tubérculos, como el reportado por Inca (2015) para un puré de papa nativa y quinoa (5.1%). Los carbohidratos (82.42%) son el componente principal, como es de esperar en un producto a base de tubérculos, y proporcionan la mayor parte de la energía (357.72 kcal/100g). El contenido de cenizas (6.22%) refleja el contenido de minerales, como calcio, fósforo y potasio, que son importantes para la salud. La humedad (5.1%) es baja y adecuada para un producto deshidratado, asegurando su estabilidad y su vida útil. La composición proximal del puré deshidratado de yuca y camote muestra que es un producto con un alto contenido energético, principalmente a partir de carbohidratos, y con un contenido moderado de proteínas y bajo de grasas, lo que lo convierte en un alimento adecuado para personas que buscan una fuente rápida de energía, y que puede ser complementado con otros alimentos para obtener una dieta equilibrada. La composición nutricional del producto es comparable a la de otros purés instantáneos disponibles en el mercado, y su perfil nutricional lo hace adecuado para diferentes segmentos de consumidores, como deportistas, estudiantes o personas con estilos de vida activos que buscan opciones de comida rápida y nutritiva. El contenido de humedad es bajo, lo que asegura una vida útil prolongada y una buena estabilidad del producto, siempre que se mantengan las condiciones adecuadas de almacenamiento. La composi-

ción proximal del producto también es un indicador de su calidad, y el cumplimiento de los estándares establecidos para humedad, proteínas, grasas y cenizas asegura que el producto es de buena calidad y que cumple con las expectativas de los consumidores. El alto contenido de carbohidratos y la baja cantidad de grasas hacen que este puré sea una opción adecuada para personas que buscan una alimentación saludable y equilibrada, y su perfil nutricional puede ser mejorado aún más con la adición de otros ingredientes, como vitaminas y minerales, para crear un producto fortificado. La composición nutricional del puré deshidratado también puede ser utilizada en el etiquetado del producto para informar a los consumidores sobre su valor nutricional y para destacar sus beneficios para la salud, lo que puede ser un factor diferenciador en el mercado y puede atraer a consumidores preocupados por su salud y bienestar. El análisis proximal también es importante para el control de calidad y para asegurar que el producto cumpla con las especificaciones establecidas, y su realización periódica es una práctica recomendada en la industria alimentaria para garantizar la consistencia y la calidad del producto.

Tabla 32. Resultados del análisis proximal realizado al tratamiento nueve (código 299)

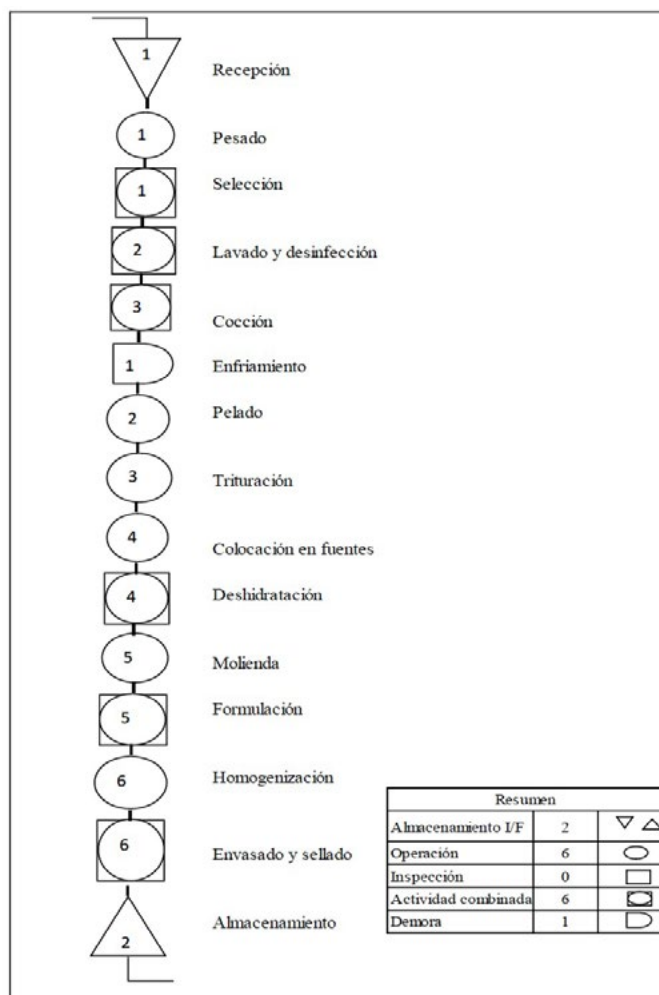
Variable	Unidad	Resultado
Humedad	%	5.1
Cenizas totales	%	6.22
Grasa total	%	0.6
Proteína total	%	5.66
Carbohidrato total	%	82.42
Calorías	kcal/100g	357.72

Nota: elaboración propia.

El diagrama de operaciones del proceso (Figura 2) resume las etapas seguidas para la obtención del puré deshidratado, desde la recepción de la materia prima hasta el almacenamiento final del producto. El diagrama muestra que el proceso cuenta con dos etapas de almacenamiento, seis etapas de operación, seis etapas de actividad combinada (operación-inspección) y una etapa de demora (enfriamiento). Las operaciones incluyen el pesado, la selección, el lavado y desinfección, la cocción, el enfriamiento, el pelado, la trituration, la deshidratación, la molienda, el envasado y sellado, y la formulación. Las inspecciones se realizan en las etapas de selección, pelado, trituration, deshidratación, molienda y formulación. El diagrama de operaciones es una herramienta útil para visualizar el proceso y para identificar las operaciones que pueden ser optimizadas o automatizadas para aumentar la eficiencia y la productividad. La estandarización del proceso es fun-

damental para la producción a escala industrial, ya que garantiza la consistencia y la calidad del producto final. La inclusión de todas las etapas en el diagrama permite identificar los puntos críticos de control y establecer procedimientos operativos estándar para asegurar la calidad y la seguridad del producto. El diagrama también es útil para la capacitación del personal y para la transferencia de tecnología, ya que proporciona una guía visual del proceso, lo que facilita su comprensión y su implementación en diferentes contextos productivos. La estandarización del proceso, junto con el control de calidad en cada etapa, asegura que el producto final cumpla con los estándares de calidad establecidos y sea seguro para el consumo, lo que es esencial para su éxito en el mercado. La Figura 2, que se presenta a continuación, muestra el diagrama de operaciones del proceso de elaboración del puré deshidratado de yuca y camote, que es la base para la producción a gran escala y para la transferencia de tecnología a los productores interesados en su comercialización. El diagrama de operaciones también es una herramienta para el análisis de los costos de producción, ya que permite identificar las operaciones que requieren más tiempo y recursos y que pueden ser optimizadas para reducir los costos y aumentar la rentabilidad del proceso. La estandarización del proceso es un paso fundamental para la producción a gran escala, y el diagrama de operaciones es una herramienta esencial para este fin, ya que proporciona una guía clara y detallada de todas las etapas del proceso, y permite identificar las oportunidades de mejora.

Gráfico 13. Diagrama de operaciones del puré deshidratado.



Nota: elaboración propia.

Capítulo 5

Reflexiones en torno a los resultados obtenidos en la elaboración del puré deshidratado de camote y yuca

RAÍCES EN TRANSFORMACIÓN.

Ciencia y desarrollo en la elaboración de alimentos deshidratados

El análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación permite establecer comparaciones con estudios previos y extraer conclusiones significativas sobre la viabilidad técnica y la aceptabilidad del puré deshidratado elaborado a partir de harinas pre-cocidas de camote y yuca. La discusión que se presenta a continuación aborda los principales hallazgos en cada una de las áreas evaluadas: las características fisicoquímicas de las harinas y de las formulaciones, la calidad microbiológica, la evaluación sensorial y la composición proximal del producto con mayor aceptación. Los resultados se analizan a la luz de la literatura especializada, identificando convergencias y divergencias con otras investigaciones, y se proponen explicaciones para los comportamientos observados. La discusión de los resultados es un paso fundamental en el proceso de investigación, ya que permite interpretar los hallazgos a la luz de las teorías existentes y de los antecedentes, identificar las posibles causas de los fenómenos observados y proponer líneas de acción para la mejora y la optimización del producto. La comparación con otros estudios permite validar los resultados y situarlos en un contexto más amplio, y la identificación de las fortalezas y debilidades del producto permite orientar el desarrollo futuro del puré deshidratado y su posicionamiento en el mercado. La discusión también permite identificar las limitaciones del estudio y sugerir direcciones para futuras investigaciones, lo que es esencial para el avance del co-

nocimiento en el área y para la mejora continua de los procesos y productos. La investigación sobre el aprovechamiento de recursos locales, como la yuca y el camote, es de gran importancia para el desarrollo de la agroindustria rural y para la seguridad alimentaria, y la discusión de los resultados debe reflejar esta relevancia, destacando el potencial de estos cultivos para la generación de valor agregado y la mejora de las condiciones de vida de las comunidades productoras.

Las características fisicoquímicas de las harinas de yuca y camote como materia prima

De acuerdo a los resultados de la evaluación fisicoquímica realizada a las harinas pre-cocidas de yuca y camote (Tabla 23), bajo los parámetros de proceso descritos en la parte metodológica, el promedio del porcentaje de acidez, de humedad y la densidad de la harina de yuca fueron 0.35%, 5.24% y 0.845 g/ml, respectivamente. Dichos valores en la harina de camote fueron 0.855% de acidez, 3.835% de humedad y 0.835 g/ml de densidad. La harina de camote tiene mayor porcentaje de acidez en comparación con la harina de yuca, ya que esta difiere en 0.505%. Esta diferencia puede atribuirse a la composición química de cada tubérculo, ya que el camote contiene una mayor cantidad de ácidos orgánicos, como el ácido clorogénico y otros compuestos fenólicos, que son responsables de su

sabor característico y de su color. La acidez de las harinas es un parámetro importante que influye en el sabor y en la estabilidad de los productos derivados, y una mayor acidez puede contribuir a una mayor conservación, ya que los ácidos orgánicos tienen propiedades antimicrobianas y antioxidantes. En el caso del camote, la mayor acidez puede ser un factor que contribuya a su mayor estabilidad y a su menor susceptibilidad al deterioro. En el porcentaje de humedad, la harina de yuca tiene mayor contenido de dicha variable, en comparación a la harina de camote con 5.24% y 3.835%, respectivamente, debido a la variación en el tiempo de deshidratación (dos horas). La harina de camote, al tener un mayor contenido de almidón, podría liberar agua más fácilmente durante el secado, resultando en una menor humedad final. Por último, en la variable de densidad, la diferencia es mínima (0.845 g/ml para la yuca y 0.835 g/ml para el camote), lo que indica que ambas harinas tienen un comportamiento similar en términos de flujo y compactación. Según la ficha técnica de alimentos del servicio alimentario del programa de alimentación escolar Qali Warma (2016), se establece que la harina de yuca y camote debe tener un contenido de porcentaje de humedad máximo de 13%, las harinas elaboradas cumplen con ese requisito por estar dentro del intervalo establecido. Sin embargo, esta ficha no especifica sobre la acidez y la densidad. La baja humedad de las harinas es un indicador de su estabilidad y de su po-

tencial para ser utilizadas en la elaboración de productos alimenticios seguros y estables. La similitud en la densidad facilita la mezcla de ambas harinas sin problemas de segregación. La acidez, aunque no está regulada, puede ser un parámetro útil para controlar la calidad de la materia prima, ya que una mayor acidez puede estar asociada con un mayor contenido de compuestos fenólicos y con una mayor capacidad antioxidante. El cumplimiento de los estándares de humedad es esencial para asegurar la estabilidad y la vida útil de las harinas, y para prevenir el crecimiento de microorganismos y las reacciones de deterioro. La determinación de la acidez y la densidad, aunque no son requisitos normativos, proporciona información valiosa sobre la calidad de las harinas y sobre su comportamiento durante el procesamiento. La acidez, por ejemplo, puede influir en el sabor del producto final y en su capacidad de conservación, mientras que la densidad puede afectar las propiedades de flujo y el envasado. Por lo tanto, el control de estos parámetros es una práctica recomendable para asegurar la calidad y la consistencia del producto final.

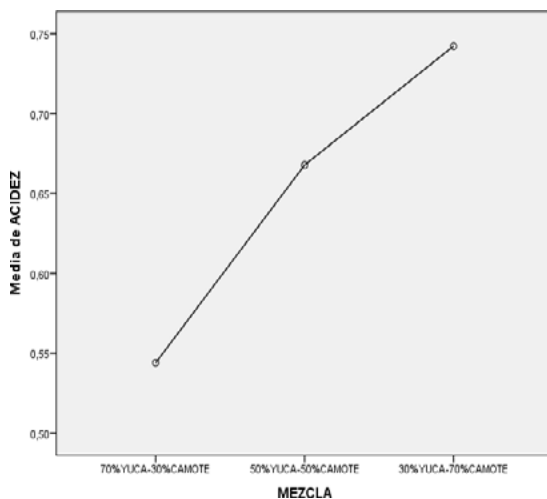
La influencia de la proporción de mezcla en las propiedades fisicoquímicas del puré deshidratado

Los resultados del análisis de varianza para el porcentaje de acidez muestran que la proporción de mezcla

de yuca y camote tiene una influencia altamente significativa ($p=0.000<0.05$) en el porcentaje de acidez. Esto está influenciado por la proporción de cada harina. Además, cuando la proporción de harina de camote es mayor, el porcentaje de acidez aumenta. En la Figura 3 se observa que, para una proporción de mezcla de 70% de yuca y 30% de camote, el porcentaje de acidez media está por debajo de 0.55; por consiguiente, cuando la proporción de mezcla está en 50-50%, la acidez media aumenta hasta alcanzar 0.67 aproximadamente. Por último, cuando la proporción de mezcla es de 30% de yuca y 70% de camote, la acidez vuelve a aumentar hasta alcanzar un valor cercano a 0.75. Esto significa que, a mayor proporción de harina de camote, la acidez aumenta; además, dicha variable está influenciada por los ingredientes utilizados en la formulación. La proporción de harina y agua para la rehidratación no mostró un efecto significativo sobre la acidez ($p=0.835>0.05$), ya que la acidez es una propiedad intrínseca del sólido y no se ve afectada por la dilución. La interacción entre ambos factores resultó ser altamente significativa ($p=0.000<0.05$), lo que indica que el efecto de la proporción de mezcla sobre la acidez depende de la cantidad de agua utilizada. Esto podría deberse a que la adición de agua durante la rehidratación puede facilitar la liberación de compuestos ácidos de la matriz del alimento, o a que la dilución afecte la percepción de la acidez, modificando el equilibrio ácido-base del sistema. En

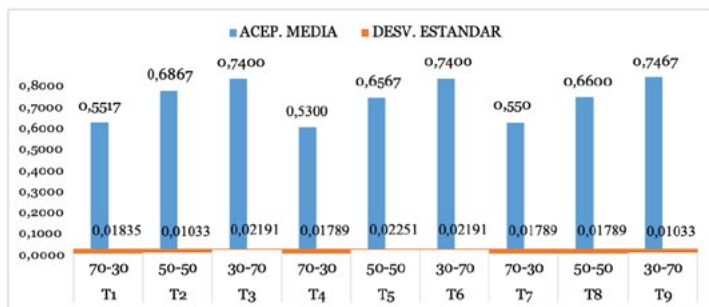
la Figura 4 se observa el comportamiento del porcentaje de acidez para cada tratamiento. El tratamiento cuatro tiene el menor porcentaje de acidez media con 0.53%, a un nivel de dispersión de 0.018, en comparación con los demás tratamientos. El tratamiento tres y seis tienen igual porcentaje de acidez media. Además, se observa que el tratamiento nueve tiene el mayor porcentaje de acidez. La acidez es un parámetro que influye en el sabor y en la estabilidad del producto, y un nivel de acidez adecuado puede contribuir a la conservación del puré deshidratado, inhibiendo el crecimiento de microorganismos y las reacciones de oxidación. La mayor acidez de las formulaciones con mayor contenido de camote podría ser una ventaja en términos de estabilidad, aunque también podría afectar la aceptación sensorial, ya que algunos consumidores pueden percibir un sabor más ácido como menos agradable. La interacción significativa entre los factores sugiere que la acidez del puré puede ser ajustada mediante la combinación de la proporción de mezcla y la cantidad de agua, lo que ofrece una oportunidad para optimizar la formulación del producto y adaptarlo a las preferencias de los consumidores. El control de la acidez es un aspecto importante del control de calidad, y su determinación precisa es esencial para asegurar la consistencia y la estabilidad del producto final.

Gráfico 14. Influencia de la proporción yuca-camote en la acidez media



Nota: elaboración propia.

Gráfico 15. Acidez media por tratamiento

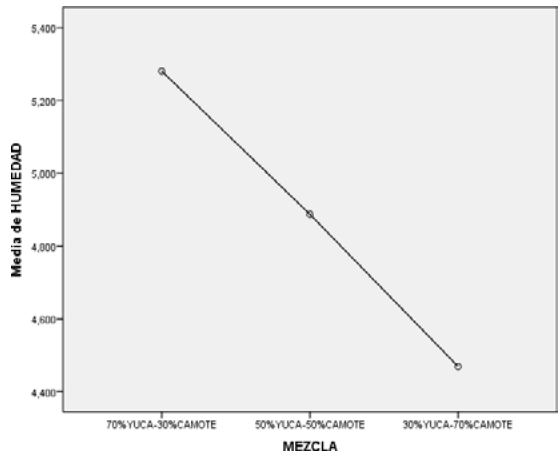


Nota: elaboración propia.

Los resultados del análisis de varianza para el porcentaje de humedad muestran que la proporción de mezcla de yuca y camote tiene una influencia altamente significativa ($p=0.000<0.05$) en el porcentaje de humedad. El resultado de esta variable está directamente relacionado con el tiempo y temperatura de deshidratación. En la Figura 5 se observa el comportamiento de la humedad media para cada proporción de mezcla de yuca y camote. Cuando la proporción de yuca es mayor, el contenido de humedad aumenta, debido a que el contenido de humedad de la harina de yuca es mayor que la de camote. Esto se refleja en la proporción 30% de yuca y 70% de camote donde la humedad es menor con 4.5 en comparación con las demás. Campos y Martínez (2015), con parámetros de deshidratación de 60-100 °C por doce horas, obtuvieron 5.83% de humedad en una proporción de mezcla de 15-15-75% para harina de oca, harina de mashua y leche descremada en polvo, respectivamente. Este valor es comparable al obtenido en esta investigación para la mezcla con mayor contenido de yuca. En la Figura 6 se observa la humedad media por cada tratamiento. El tratamiento uno (70% yuca y 30% camote) tiene 5.32% de humedad, siendo el más alto; por otro lado, el tratamiento tres, con 4.39% de humedad, tiene el valor más bajo. Sin embargo, según la ficha técnica de alimentos del servicio alimentario del programa de alimentación escolar Qali Warma (2016), todos estos valores están dentro de lo permitido

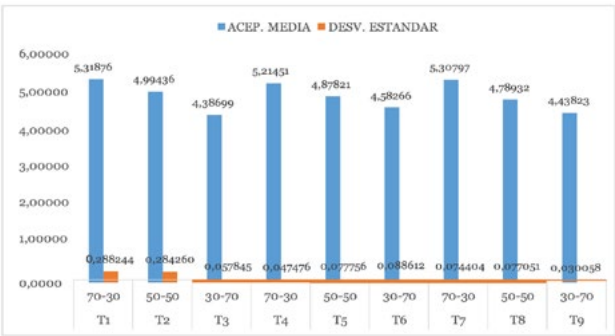
cuyo contenido de humedad máximo debe ser 13%. El bajo contenido de humedad es esencial para la estabilidad y la vida útil del producto, y facilita el almacenamiento y el transporte. La humedad, junto con la actividad de agua, es un parámetro clave que determina la estabilidad microbológica y la vida útil de los alimentos deshidratados. La humedad también influye en la textura y en la capacidad de rehidratación del producto, y una humedad óptima es esencial para obtener un puré rehidratado con una textura adecuada y con una buena aceptación sensorial. El control de la humedad es un paso esencial en el proceso de producción de alimentos deshidratados, y su determinación precisa es necesaria para asegurar la calidad y la consistencia del producto final. La humedad, junto con la actividad de agua, es un parámetro clave que determina la estabilidad microbológica y la vida útil de los alimentos deshidratados, y su monitoreo regular es una práctica recomendada en la industria alimentaria.

Gráfico 16. Influencia de la proporción yuca-camote en la humedad media



Nota: elaboración propia.

Gráfico 17. Porcentaje de humedad media por cada tratamiento.

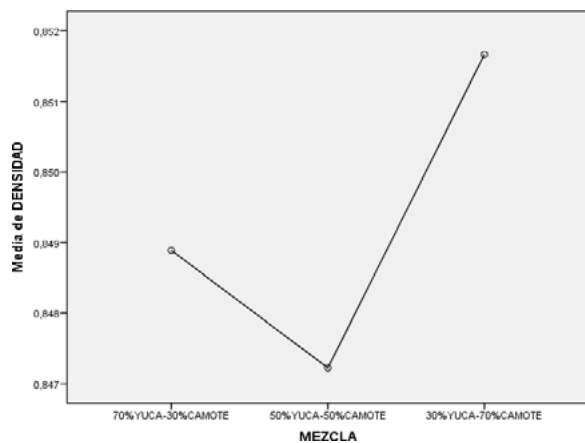


Nota: elaboración propia.

Los resultados del análisis de varianza para la densidad muestran que la proporción de yuca y camote no tiene una influencia significativa ($p=0.572>0.05$) en la densidad del puré deshidratado; sin embargo, Inca (2015), en la elaboración de un puré deshidratado de papa nativa fortificado con quinua y oca, encuentra que existe una diferencia significativa $p\text{-value} < 0.05$ en cada una de sus proporciones de mezcla. Esta discrepancia puede deberse a las diferencias en las materias primas utilizadas y en el proceso de producción. En la presente investigación, la densidad se mantuvo relativamente constante a pesar de las variaciones en la composición. En la Figura 7 se observa que la proporción 50-50% de yuca y camote tiene influencia menor en la densidad media con 0.847 aproximadamente, mientras que la proporción 30-70% de yuca y camote, es mayor con 0.852 aproximadamente, en comparación con las demás proporciones; sin embargo, la diferencia entre una proporción de mezcla a otra es relativamente bajo, el cual se ve reflejado en el análisis de varianza donde no existe diferencia significativa. La proporción de harina y agua para la rehidratación, por el contrario, sí influye en la densidad ($p=0.004<0.05$), lo que indica que la cantidad de agua utilizada en la rehidratación puede afectar la estructura del polvo y su densidad. Una mayor cantidad de agua podría resultar en una mayor porosidad y, por lo tanto, en una menor densidad. En la Figura 8 se observa que el tratamiento nueve (30% de yuca y 70% de

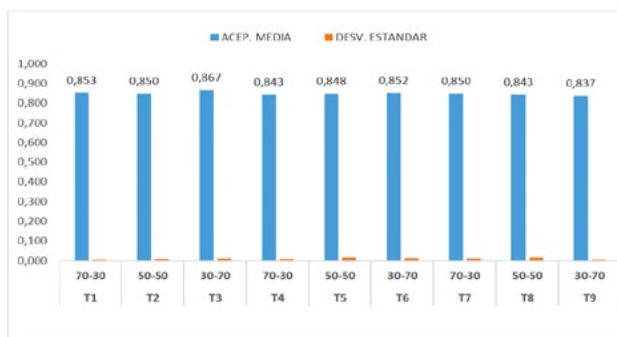
camote) tiene una densidad media menor con 0.837 g/ml en comparación con los demás tratamientos; así mismo el tratamiento tres tiene una densidad media mayor con 0.867 g/ml. Inca (2015), en las formulaciones del puré deshidratado de papa fortificado con quinua y oca, encuentra que el tratamiento cuatro con 60-20-20% de harina de papa, de quinua y de oca, respectivamente, tiene una densidad media mayor con 0.646 g/ml, mientras que el tratamiento ocho con 60-30-10% de harina de papa, de quinua y de oca, respectivamente, tiene una densidad media menor con 0.568 g/ml. La densidad es un parámetro que influye en el envasado y en el manejo del producto, y una densidad adecuada puede facilitar el transporte y el almacenamiento. La densidad también puede estar relacionada con la capacidad de rehidratación del producto, y una menor densidad, asociada a una mayor porosidad, podría facilitar la absorción de agua durante la rehidratación, lo que resultaría en una mejor textura del puré. La relación entre la densidad y la rehidratación es un área que merece ser explorada en futuras investigaciones.

Gráfico 18. Influencia de la proporción yuca-camote en la densidad media



Nota: elaboración propia.

Gráfico 19. Comparación de la densidad media por cada tratamiento.



Nota: elaboración propia.

La calidad microbiológica del puré deshidratado

Los resultados obtenidos de las formulaciones de puré deshidratado muestran que están dentro de los estándares microbiológicos establecidos por DIGESA (2003). Además, los resultados reflejan la influencia del contenido de humedad en el desarrollo microbiano, y que toda la formulación analizada fue relativamente baja de 4.3 a 5.3% (Figura 5). Por tanto, junto a las buenas prácticas de manufactura realizadas durante el proceso, se demuestra que estas formulaciones están aptas para el consumo humano. La ausencia de microorganismos patógenos y la baja carga microbiana, que se refleja en los recuentos de aerobios mesófilos, indican que el producto es seguro para el consumo. Los recuentos de aerobios mesófilos variaron entre 2×10^2 UFC/g y 83×10^2 UFC/g, valores muy por debajo del límite máximo establecido. La ausencia de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* y *Salmonella* sp en todas las muestras confirma que el producto no está contaminado con microorganismos patógenos. Estos resultados son consistentes con los reportados por otros investigadores, como Guardia (2018), quien encontró que su puré deshidratado cumplía con los estándares microbiológicos. La calidad microbiológica es un aspecto fundamental para la aceptación del producto en el mercado y para la confianza de los consumidores, por lo que el control de la higiene y la realización de análisis microbiológicos periódicos son prácticas esenciales en

la producción de alimentos procesados. La baja humedad del producto es un factor clave que contribuye a su estabilidad microbiológica, ya que una baja actividad de agua inhibe el crecimiento de la mayoría de los microorganismos. La combinación de un bajo contenido de humedad y buenas prácticas de manufactura asegura que el producto final sea inocuo y estable. El control de la humedad y la higiene durante el proceso son esenciales para garantizar la calidad microbiológica del producto final, y su monitoreo regular es una práctica recomendada en la industria alimentaria.

La evaluación sensorial del puré rehidratado y la identificación del tratamiento de mayor aceptación

Color

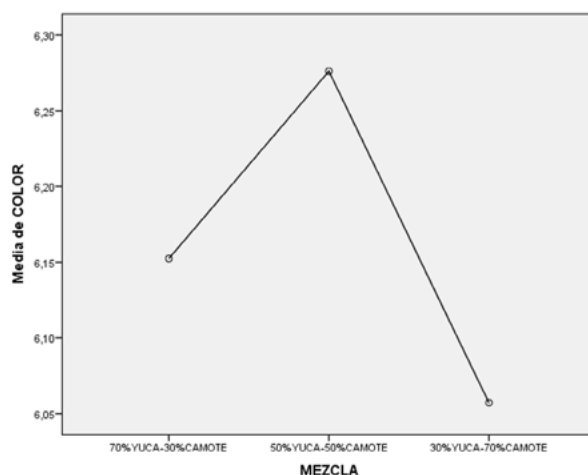
Los resultados obtenidos del análisis de varianza para el color muestran que el factor proporción de mezcla de yuca y camote no influye de manera significativa en el color del puré, debido a que las harinas de ambos productos fueron de un color semejante a las variedades utilizadas. Sin embargo, el factor proporción harina-agua sí influye de manera significativa ($p=0.018<0.05$) en el color. Esto se ve reflejado en el análisis post ANOVA donde la diferencia significativa se encuentra en los niveles

1-4 y 1-5 con una significancia de 0.013. En la Figura 9 se observa cómo el factor proporción de mezcla de yuca y camote influye en la aceptación media del color. Se observa que la proporción 30% de yuca y 70% de camote tienen la aceptación media más bajo con 6.05 de puntaje, mientras que la proporción 50% de yuca y 50% de camote da como resultado una aceptación media mayor con 6.28 de puntuación aproximada. Sin embargo, la diferencia entre cada factor es relativamente bajo, así lo refleja el análisis de varianza al no existir diferencia significativa; además, todos los valores alcanzaron una puntuación por encima de seis logrando una calificación de “me gustó ligeramente”. En la Figura 10 se muestra la influencia de la proporción harina-agua en la aceptación media del color. Se observa que la proporción 1-4 de harina y agua, respectivamente, influyó para alcanzar una aceptación media de 5.9 de puntuación, logrando una calificación de “me gustó ligeramente” si se redondea dicho valor, siendo este el más bajo en comparación con las demás proporciones. Así mismo, la proporción 1-5 de harina y agua, respectivamente, influyó para alcanzar una calificación media mayor con 6.5 aproximadamente, si se redondea alcanzaría una calificación de “me gustó moderadamente”. Se observa, además, que cuando la proporción de agua es mayor, este influye positivamente en la aceptación del color. En la Figura 11 se observa el comportamiento de la aceptación media para cada tratamiento. Tres de nueve tratamientos

(T1, T3 y T6) han alcanzado una aceptación media no menor de 5.77 ni mayor de 5.97, logrando una calificación de “no me gustó ni me disgustó”. Así mismo, el resto de los tratamientos su puntuación está por encima de 6, logrando una puntuación de “me gustó ligeramente”. De estos tratamientos, el tratamiento nueve (T9) es el que tiene la mayor aceptación media con una puntuación de “me gustó moderadamente”. Según Inca (2015), en el estudio evaluación de las propiedades tecnofuncionales y sensoriales de un puré deshidratado de papa nativa fortificado con quinua y oca, afirma que el color de las formulaciones o tratamientos presentan diferencia significativa $p\text{-value} < 0.05$ con el puré comercial. Así mismo, el tratamiento nueve con 50-40-10% de harina de papa, de quinua y de oca, respectivamente, logra una aceptación media de 1.1 calificándolo como “no me gusta nada”, mientras que el tratamiento dos, con 40-30-30% de harina de papa, de quinua y de oca, respectivamente, alcanza una aceptación media de 3.7 puntos, con una calificación de “me gusta”. Además, solo uno de nueve tratamientos ha logrado una calificación de “me gusta”, mientras que, en esta investigación, seis de nueve tratamientos han alcanzado una calificación de “me gusta moderadamente” debido a que son materias primas distintas. Por otro lado, Fernández y Martínez (2015) elaboraron una papilla instantánea a base de oca, mashua y leche descremada en polvo, en la que la papilla 4 (25% de harina de oca, 25% de harina de

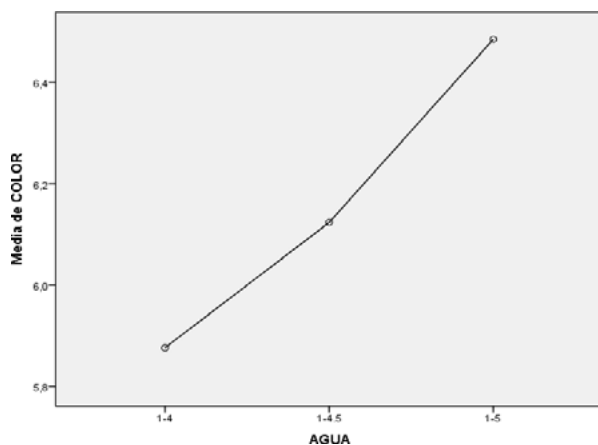
mashua y 50% de leche en polvo) alcanzó una puntuación sensorial de 2.17 para el color valor que lo califica como “no me gusta nada”, mientras que la papilla 2 (15% de harina de oca, 15% de harina de mashua y 70% de leche en polvo) alcanzó una puntuación sensorial de 3.4 valor que lo califica como “me es indiferente”. Estos resultados refuerzan la idea de que la combinación de yuca y camote produce un color más atractivo para los consumidores que otras combinaciones de tubérculos, y que el color es un atributo importante que puede influir en la aceptación del producto.

Gráfico 20. Influencia de la proporción yuca-camote en la aceptación del color



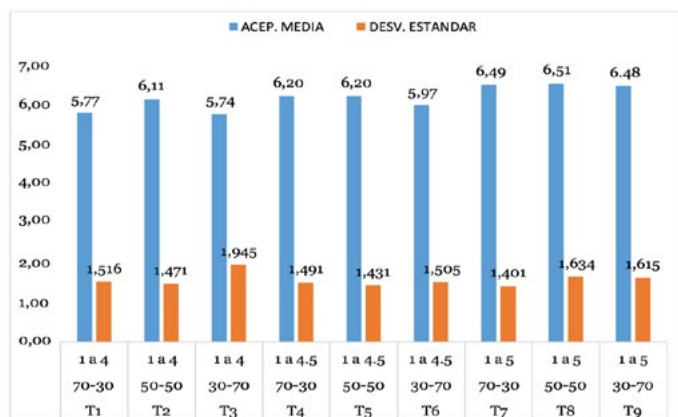
Nota: elaboración propia.

Gráfico 21. Influencia de la proporción harina – agua en la aceptación media del color.



Nota: elaboración propia.

Gráfico 22. Aceptación media del color por cada tratamiento.



Nota: elaboración propia.

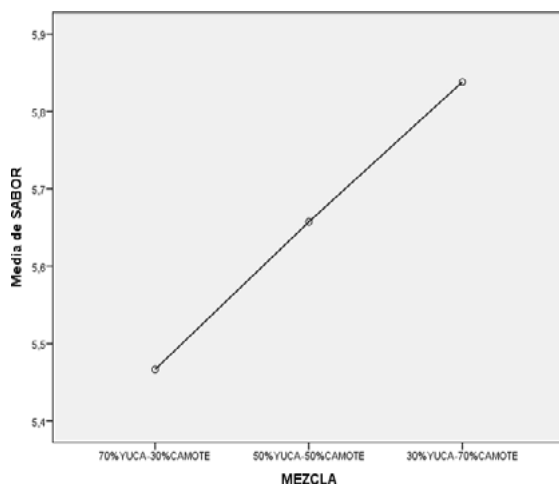
Sabor

Los resultados del análisis de varianza para el sabor muestran que la proporción de mezcla de yuca y camote, y la proporción harina-agua no influyen de manera significativa en el sabor. Esto quiere decir que para el consumidor le es indiferente la cantidad de mezcla utilizada de cada producto y la proporción de agua en la percepción del sabor. Sin embargo, para Inca (2015), los resultados del sabor para las formulaciones muestran diferencia significativa $p\text{-value} < 0.05$ con el puré comercial. En la Figura 12 se observa que la proporción 70% de yuca y 30% de camote influyen en menor medida en la aceptación media del sabor con 5.45 de puntuación aproximada, mientras que la proporción 30% de yuca y 70% de camote tiene una influencia mayor en la aceptación media de sabor con 5.85 de puntuación aproximada. Esto quiere decir que cuando la proporción de mezcla de camote aumenta, se obtiene una mayor aceptación media. Este valor está relacionado con la dulzura de dicho producto que influye en la decisión de cada consumidor evaluado. En la Figura 13 se observa que la proporción de harina agua 1-4, respectivamente, tiene una influencia en menor medida con 5.45 de puntuación aproximada, en comparación con las demás proporciones. Asimismo, la proporción 1-5 de harina-agua tiene una influencia mayor con 5.95 de puntuación aproximada. Además, cuando la proporción de agua

es mayor, aumenta la aceptación media del sabor. En la Figura 14 se observa el comportamiento de la aceptación media del sabor por cada tratamiento. El tratamiento uno tiene una aceptación media de 5.14 calificándolo como “no me gustó ni me disgustó”. Asimismo, el tratamiento nueve (T9) tiene el valor más alto con 6.14 de puntuación media calificándolo como “me gustó ligeramente”. Por otro lado, solo el tratamiento nueve (T9) alcanzó un valor por encima de 6, solo dos tratamientos (T1 y T4) alcanzaron una puntuación de 5 y seis tratamientos (T2, T3, T5, T6, T7 y T8) alcanzaron un valor cercano a 6. Mientras para Inca (2015) el tratamiento nueve con 50-40-10% de harina de papa, de quinua y de oca, respectivamente, logra una aceptación media de 1.6 calificándolo como “no me gusta nada”; el tratamiento dos, con 40-30-30% de harina de papa, de quinua y de oca, respectivamente, alcanzó una aceptación media de 4.1 puntos con una calificación de “me gusta”. Asimismo, para Fernández y Martínez (2015) la papilla 4 (25% de harina de oca, 25% de harina de mashua y 50% de leche en polvo) alcanzó una puntuación sensorial de 3.2 para el sabor, valor que lo califica como “me es indiferente”; la papilla 2 (15% de harina de oca, 15% de harina de mashua y 70% de leche en polvo) alcanzó una puntuación sensorial de 5.37, valor que lo califica como “me gusta mucho”. La mayor aceptación del sabor en la presente investigación sugiere que la combinación de yuca y camote, junto con la formulación

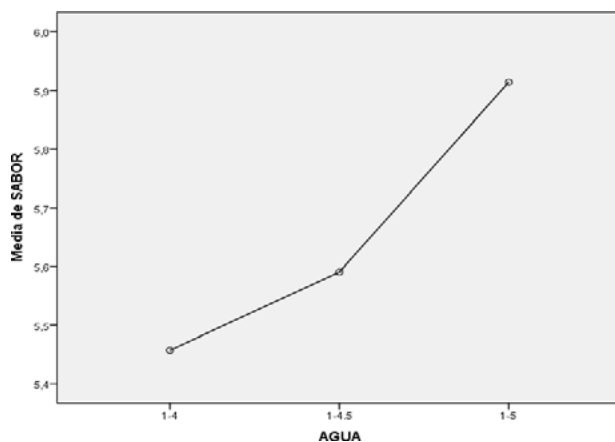
de condimentos utilizada, produce un sabor más agradable para los consumidores que otras combinaciones de tubérculos. La percepción del sabor es un proceso complejo que involucra la combinación de múltiples estímulos sensoriales, incluyendo el gusto, el olfato y la textura, y la optimización de la formulación de condimentos es clave para el éxito del producto. La falta de influencia significativa de los factores de estudio sugiere que la formulación de condimentos fue la que realmente determinó el sabor del producto, y que esta formulación fue bien aceptada por los consumidores.

Gráfico 23. Influencia de la proporción de yuca y camote en la aceptación del sabor.



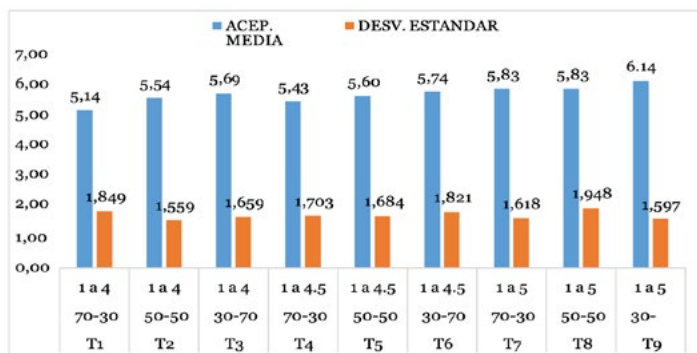
Nota: elaboración propia.

Gráfico 24. Influencia de la proporción harina-agua en la aceptación del sabor.



Nota: elaboración propia.

Gráfico 25. Aceptación media del sabor por cada tratamiento.



Nota: elaboración propia.

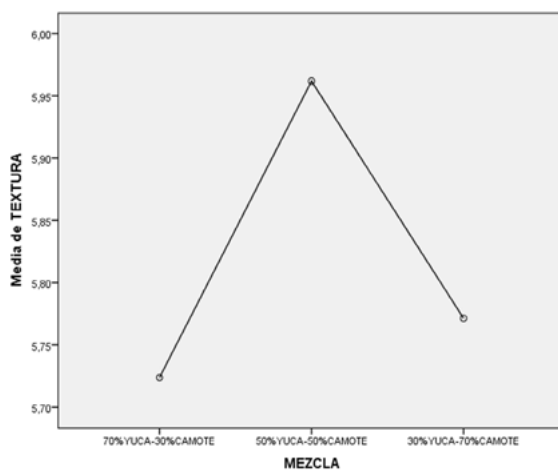
Textura

Los resultados del análisis de varianza para la textura muestran que la proporción de mezcla de yuca y camote ($p=0.562$; $\alpha=0.05$), y la proporción de harina y agua ($p=0.240$; $\alpha=0.05$), no influyen de manera significativa. Según Inca (2015), los resultados de consistencia para las formulaciones muestran diferencia significativa $p\text{-value} < 0.05$ con el puré comercial. Por otra parte, para Cruz y Sierra (2015) según su evaluación estadística a un 95% de nivel de confianza, no muestra diferencias significativas entre los atributos sensoriales del puré deshidratado obtenido a partir de tres clones de papa criolla. En la Figura 15 se observa que la proporción 70% de yuca y 30% de camote influyen en menor medida en la aceptación media de la textura con 5.73 de puntuación aproximada; mientras que la proporción 50% de yuca y 50% de camote tiene una influencia mayor en la aceptación media de la textura con 5.96 de puntuación aproximada. Independientemente de la proporción de mezcla de yuca y camote, la percepción de la textura, por parte de los consumidores, no es muy buena. En la Figura 16 se observa la influencia que tiene la proporción de harina-agua en la aceptación de la textura. La proporción 1-4 de harina-agua tiene una influencia menor con 5.58 de puntuación aproximada. Asimismo, en la proporción 1-4.5 de harina-agua la influencia ha tenido un crecimiento considerado con una puntuación de

5.91 aproximado. Además, en la última proporción la influencia es mayor con 5.93 de puntuación aproximada en comparación con las demás proporciones; sin embargo, existe una mínima diferencia con la segunda proporción. Se observa, además, que a medida que la proporción de agua aumenta, mejora la aceptación media de la textura del puré. En la Figura 17 se observa el comportamiento de la aceptación media de la textura por cada tratamiento. El tratamiento uno tiene una aceptación media menor de 5.34 calificándolo como “no me gusto ni me disgustó”. Asimismo, el tratamiento ocho (T8) es el que tiene el valor más alto con 6.14 de puntuación media calificándolo como “me gustó ligeramente”. Por otro lado, tres tratamientos (T6, T7 y T9) alcanzaron una aceptación media para esta variable por encima de seis, con una mínima diferencia entre cada uno. Mientras que para Inca (2015), el tratamiento nueve, con 50-40-10% de harina de papa, de quinua y de oca, respectivamente, logra una aceptación media de 1.6 calificándolo como “no me gusta nada”; el tratamiento dos, con 40-30-30%, y el tratamiento ocho, con 60-30-10% de harina de papa, de quinua y de oca, respectivamente, alcanza una aceptación media de 3.5 puntos, logró una calificación de “me gusta” si se le redondea. Asimismo, para Fernández y Martínez (2015) la papilla 4 (25% de harina de oca, 25% de harina de mashua y 50% de leche en polvo) alcanzó una puntuación sensorial de 2.47 para la textura valor que lo califica como “no me gusta”; la

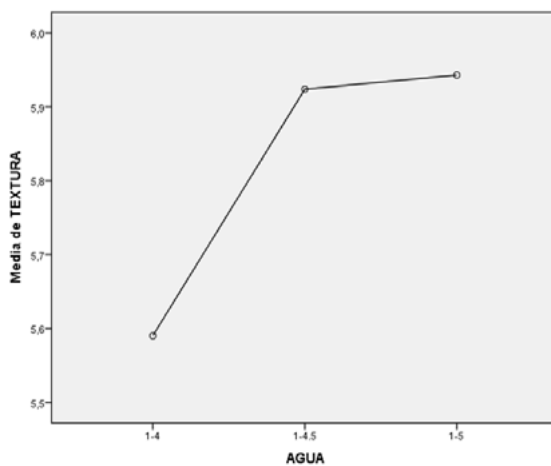
papilla 2 (15% de harina de oca, 15% de harina de mashua y 70% de leche en polvo) alcanzó una puntuación sensorial de 4.53, valor que lo califica como “me gusta mucho” si se redondea dicho valor. Por otro lado, al desarrollar Cruz y Sierra (2015) un puré deshidratado a partir de tres clones candidatos a registro de papa criolla, obtuvieron que el CCR4 (clon candidato a registro cuatro) alcanzó la mayor puntuación de aceptación con 4.1 para la textura, en comparación con los demás clones candidatos a registro; sin embargo, dicho valor le da una calificación de “ni me gusta, ni me disgusta”. Estos resultados sugieren que la textura del puré de yuca y camote es más aceptable que la de otros productos similares, y que la combinación de yuca y camote, junto con el proceso de deshidratación y rehidratación utilizado, logra una textura que es del agrado de los consumidores. La textura es un atributo importante en la aceptación de los alimentos, y su optimización es clave para el éxito comercial del producto.

Gráfico 26. Influencia de yuca-camote en la aceptación de textura



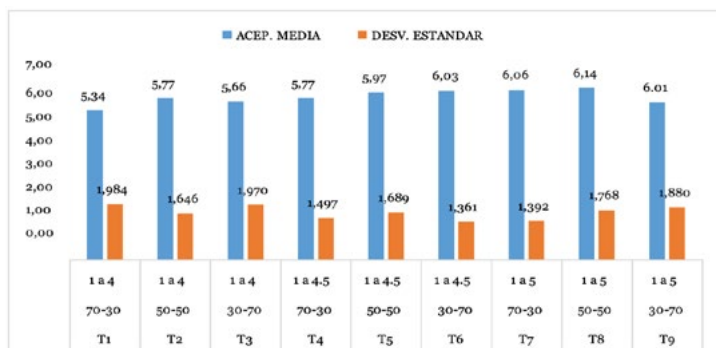
Nota: elaboración propia.

Gráfico 27. Influencia de harina-agua en la aceptación de textura



Nota: elaboración propia.

Gráfico 28. Aceptación media de la textura por cada tratamiento.



Nota: elaboración propia.

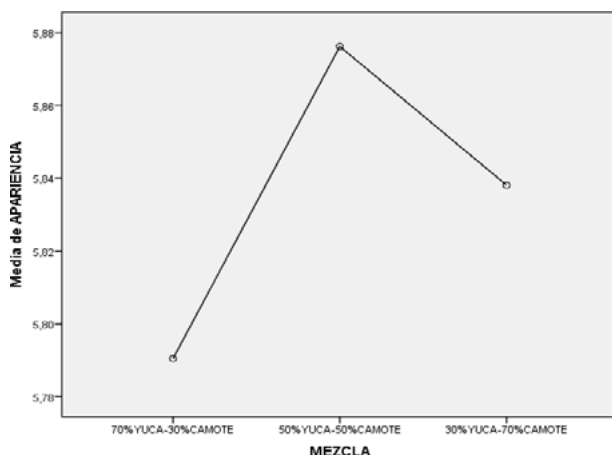
Apariencia general

Los resultados del análisis de varianza para la apariencia general muestran que la proporción de mezcla de yuca y camote ($p=0.932>0.05$), y la proporción de harina y agua ($p=0.142>0.05$), no influyen de manera significativa. Para Inca (2015), los resultados de apariencia en las formulaciones de una muestran diferencia significativa $p\text{-value} < 0.05$ evaluados a través del test Friedman. En la Figura 18 se observa que la proporción 70% de yuca y 30% de camote influyen en menor medida en la aceptación media de la apariencia general con 5.79 de puntuación aproximada, mientras que la proporción 50% de yuca y 50% de camote tiene una influencia mayor en la aceptación media de esta variable con 5.87 de puntuación aproximada. En la Figura 19 se observa la influencia que tiene la

proporción de harina-agua en la aceptación de la textura. La proporción 1-4 de harina-agua tiene una influencia menor con 5.65 de puntuación aproximada. Asimismo, en la proporción 1-5 de harina-agua, la influencia es mayor con 6.01 de puntuación aproximada, en comparación con las demás proporciones. Además, a medida que la proporción de agua aumenta, mejora la aceptación media de la apariencia general del puré. En la Figura 20 se observa el comportamiento de la aceptación media de la apariencia general por cada tratamiento. El tratamiento uno tiene una aceptación media menor de 5.37 calificándolo como “no me gustó ni me disgustó”. Asimismo, el tratamiento nueve (T9) tiene el valor más alto con 6.19 de puntuación media calificándolo como “me gustó ligeramente”. Por otro lado, tres tratamientos (T7, T8 y T9) alcanzaron una aceptación media para esta variable por encima de seis con una mínima diferencia entre cada uno. Mientras que para Inca (2015), el tratamiento nueve con 50-40-10% de harina de papa, de quinua y de oca, respectivamente, logró una aceptación media de 1.4 calificándolo como “no me gusta nada”; el tratamiento dos, con 40-30-30% de harina de papa, de quinua y de oca, respectivamente, alcanzó una aceptación media de 3.6 puntos logrando una calificación de “me gusta” si se redondea dicho valor. Asimismo, para Fernández y Martínez (2015), la papilla 4 (25% de harina de oca, 25% de harina de mashua y 50% de leche en polvo) alcanzó una puntuación sensorial de 3.57 para la variable,

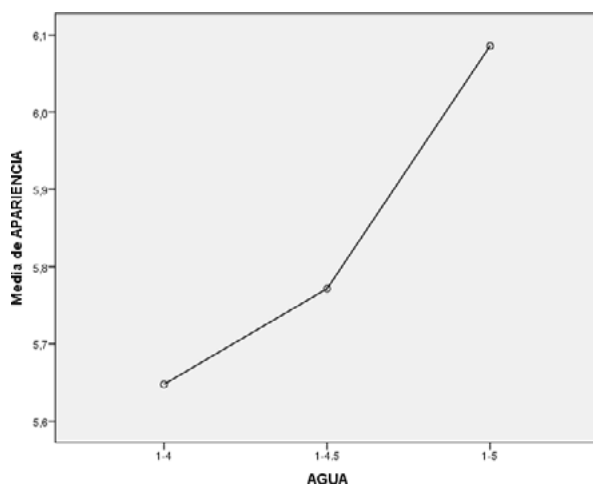
aspecto valor que lo califica como “me gusta” si dicho valor se redondea; la papilla 2 (15% de harina de oca, 15% de harina de mashua y 70% de leche en polvo) alcanzó una puntuación sensorial de 5.23 valor que lo califica como “me gusta mucho”. La apariencia general del puré de yuca y camote, aunque aceptable, no alcanzó el nivel de “me gusta mucho” que se observó en la papilla de Fernández y Martínez. La apariencia general es un atributo importante para la aceptación de los alimentos, ya que influye en la primera impresión del consumidor y en su disposición a probar el producto.

Gráfico 29. Influencia de yuca-camote en la aceptación de la apariencia general



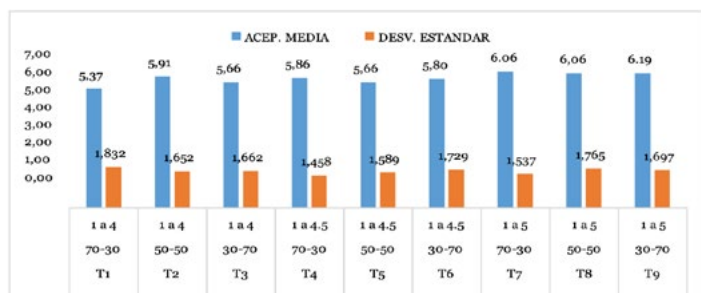
Nota: elaboración propia.

Gráfico 30. Influencia de harina-agua en la aceptación de la textura



Nota: elaboración propia.

Gráfico 31. Aceptación media de la apariencia general por tratamiento



Nota: elaboración propia.

En la Tabla 33 se observa el resumen de la puntuación media para cada atributo sensorial por tratamiento. El tratamiento uno ha alcanzado una puntuación total en valor medio de 5,41 siendo el valor más bajo, mientras que

el tratamiento siete y el tratamiento ocho muestra una diferencia de 0.03 en ambos valores medios; sin embargo, el tratamiento nueve solo alcanzó una aceptación de “me gusta ligeramente” para todas las variables analizadas con 6.21 puntos de valor promedio para todas las características sensoriales. Por ello, la valoración del tratamiento nueve lo consideramos el de mayor aceptación. La selección del tratamiento 9 como el de mayor aceptación proporciona una guía para la optimización de la formulación y para su futura producción y comercialización. El tratamiento 9, con su mayor proporción de camote y su mayor hidratación, ofrece un producto con un perfil sensorial equilibrado y atractivo, y su composición nutricional, como se verá a continuación, también es adecuada para un producto de este tipo.

Tabla 33. Valores medios de atributos sensoriales por tratamiento

Tratamiento	Código	Color	Sabor	Textura	Apariencia general	Promedio
T1	367	5.77	5.14	5.34	5.37	5.41
T2	548	6.11	5.54	5.77	5.91	5.83
T3	765	5.74	5.69	5.66	5.66	5.69
T4	437	6.2	5.43	5.77	5.86	5.82
T5	925	6.2	5.6	5.97	5.66	5.86
T6	634	5.97	5.74	6.03	5.8	5.89
T7	821	6.49	5.83	6.06	6.06	6.11
T8	192	6.51	5.83	6.14	6.06	6.14
T9	299	6.48	6.19	6.01	6.16	6.21

Nota: elaboración propia.

La composición proximal del tratamiento de mayor aceptación

La muestra de mayor aceptación obtuvo 5.1% de humedad. Este valor difiere en 0.66% al valor encontrado en el análisis fisicoquímico; sin embargo, el contenido de humedad es relativamente bajo, pero dentro de lo permitido con 13% de humedad, según la ficha técnica de alimentos del servicio alimentario del programa de alimentación escolar Qali Warma (2016), para harinas de yuca y camote. Asimismo, para Fernández y Martínez (2015), la papilla 2 (15% de harina de oca, 15% de harina de mashua y 70% de leche en polvo), de mayor aceptación sensorial, obtuvo un valor de 5.83% por cada 100g. Este valor difiere en 0.73% al valor encontrado en esta investigación. Por otro lado, Acosta (2012), en la formulación uno (75% de zanahoria blanca y 25% de camote), la de mayor aceptación sensorial, el valor encontrado en el porcentaje de humedad es de 8.86% a 60 °C por 8 horas para la zanahoria y a 60 °C por 6 horas para el camote. Este valor es superior a lo encontrado en esta investigación. El porcentaje de cenizas totales por cada 100 g del puré deshidratado del tratamiento nueve (mayor aceptación sensorial) es de 6.22%; mientras que para Inca (2015) el tratamiento dos, de mayor aceptación sensorial cuya formulación es 40% de harina de papa pre-cocida de la variedad Yawar Huayco, 30% de harina de quinua de la variedad Blanco de Junín y

30% de harina de oca de la variedad zapallo el valor de cenizas, es 3.30 g/100g. Dicho valor es inferior a lo encontrado en esta investigación. Por otro lado, Inca (2015), señala que el valor encontrado en cenizas totales es de 4.99 g%/100g en el tratamiento de mayor aceptación sensorial (15% harina de oca, 15% harina de mashua y 70% leche en polvo). Este valor es inferior a lo encontrado en esta investigación. Así mismo, para Acosta (2012), el valor del porcentaje de cenizas totales es de 11.99% en la formulación uno (75% de zanahoria blanca y 25% de camote) de mayor aceptación sensorial. Dicho valor también es superior a lo encontrado en esta investigación. El porcentaje de grasa total por cada 100 g del puré deshidratado del tratamiento 9 (mayor aceptación sensorial) es de 0.6%, lo que significa que este puré es bajo en grasa; mientras que para Inca (2015) el tratamiento dos, de mayor aceptación sensorial cuya formulación es 40% de harina de papa pre-cocida de la variedad Yawar Huayco, 30% de harina de quinua de la variedad Blanco de Junín y 30% de harina de oca de la variedad zapallo, el valor de grasa total es 2.46 g/100 g. Dicho valor es superior a lo encontrado en esta investigación. Por otro lado, Fernández y Martínez (2015) señalan que el valor encontrado de grasa total es de 11.10 g%/100 g en el tratamiento de mayor aceptación sensorial (15% harina de oca, 15% harina de mashua y 70% leche en polvo), dicho valor, superior a lo encontrado, se debe a que en la formulación se incluyó

una proporción de leche en polvo, lo que no ocurrió en esta investigación. Asimismo, para Acosta (2012), el valor del porcentaje de grasa total es de 3.62% en la formulación uno (75% de zanahoria blanca y 25% de camote), siendo esta formulación de mayor aceptación sensorial. El porcentaje de proteína total por cada 100 g del puré deshidratado del tratamiento nueve (mayor aceptación sensorial) es de 5.66%. Esto significa que este puré es bajo en proteína total. Para Acosta (2012) el valor del porcentaje de proteína total es de 3.56% en la formulación uno (75% de zanahoria blanca y 25% de camote), la de mayor aceptación sensorial, con un valor inferior a lo encontrado en esta investigación. Sin embargo, el artículo 685 del código alimentario argentino, refiere que un puré papas de uso instantáneo debe contener 3.4% de proteína aproximadamente (Acosta 2012). Por consiguiente, el puré desarrollado en esta investigación se encuentra dentro de los límites establecidos por esta norma. Por otro lado, según Inca (2015), el tratamiento dos, de mayor aceptación sensorial, cuya formulación es 40% de harina de papa pre-cocida de la variedad Yawar Huayco, 30% de harina de quinua de la variedad Blanco de Junín y 30% de harina de oca de la variedad zapallo, posee un valor de proteína total de 9.92 g/100 g, valor superior a lo encontrado en esta investigación debido al alto contenido de proteína de la quinua (13.71 g/100 g). Asimismo, Fernández y Martínez (2015), mencionan que el valor encontrado en la proteína

total es de 14.16 g%/100 g en el tratamiento de mayor aceptación sensorial (15% harina de oca, 15% harina de mashua y 70% leche en polvo). Este valor es superior a lo encontrado en esta investigación debido a la composición nutricional de los productos utilizados la cual es mayor en esta investigación. El porcentaje de carbohidrato total por cada 100 g de puré deshidratado del tratamiento nueve (mayor aceptación sensorial) es de 82.42%; mientras que, para Inca (2015), el tratamiento dos, de mayor aceptación sensorial, cuya formulación es 40% de harina de papa pre-cocida de la variedad Yawar Huayco, 30% de harina de quinua de la variedad Blanco de Junín y 30% de harina de oca de la variedad zapallo, el valor de carbohidrato total es 79.74 g/100 g, dicho valor es inferior a lo encontrado en esta investigación. Por otro lado, Fernández y Martínez (2015) indican que en el tratamiento de mayor aceptación sensorial (15% harina de oca, 15% harina de mashua y 70% leche en polvo) el valor encontrado en carbohidrato total es de 62.54 g%/100 g. Así mismo, para Acosta (2012) el valor del porcentaje de carbohidrato total de la formulación uno (75% de zanahoria blanca y 25% de camote) es de 71.37%, formulación de mayor aceptación sensorial. Dichos valores son inferiores a lo que se ha encontrado en esta investigación, lo que significa que la yuca y el camote son ricos en este valor. Los resultados muestran que el valor calórico por cada 100 g del puré deshidratado del tratamiento nueve (mayor aceptación

sensorial) es de 357.72 kcal/100 g; para Inca (2015) el tratamiento dos, de mayor aceptación sensorial, cuya formulación es 40% de harina de papa pre-cocida de la variedad Yawar Huayco, 30% de harina de quinua de la variedad Blanco de Junín y 30% de harina de oca de la variedad zapallo, el valor de energía es 360.12 kcal/100 g, dicho valor es superior en 2.4 kcal/100 g a lo encontrado en esta investigación. Por otro lado, Fernández y Martínez (2015) indican que el valor encontrado para este valor es de 406.54 kcal en el tratamiento de mayor aceptación sensorial (15% harina de oca, 15% harina de mashua y 70% leche en polvo). Asimismo, para Acosta (2012) el valor del porcentaje de carbohidrato total es de 332.30 kcal/100 g en la formulación uno (75% de zanahoria blanca y 25% de camote) formulación de mayor aceptación sensorial, siendo este valor inferior a lo encontrado en esta investigación. La composición proximal del puré deshidratado de yuca y camote muestra que es un producto con un alto contenido energético, principalmente a partir de carbohidratos, y con un contenido moderado de proteínas y bajo en grasas, lo que lo convierte en un alimento adecuado para personas que buscan una fuente rápida de energía. Su perfil nutricional es comparable al de otros productos similares disponibles en el mercado, y su bajo contenido de grasa y su contenido moderado de proteínas lo hacen una opción saludable. La composición proximal del producto es un aspecto importante para su promoción y co-

mercialización, ya que permite destacar sus beneficios nutricionales. El producto, además, tiene un bajo contenido de humedad, lo que asegura una buena estabilidad y una vida útil prolongada, siempre que se mantengan las condiciones de almacenamiento adecuadas. El análisis proximal también es útil para el control de calidad y para asegurar que el producto cumpla con las especificaciones establecidas. La información sobre la composición proximal es esencial para la elaboración de las etiquetas nutricionales, que son un requisito legal para la comercialización de alimentos procesados. El puré deshidratado de yuca y camote tiene un alto potencial para ser comercializado con éxito, y su desarrollo contribuye a la generación de valor agregado y al aprovechamiento de recursos locales, lo que puede tener un impacto positivo en la economía de las comunidades rurales y en la seguridad alimentaria del país. La investigación y la innovación en este campo son esenciales para promover un desarrollo agroindustrial inclusivo y sostenible en el Perú. La transferencia de la tecnología desarrollada en esta investigación a los productores locales y a las pequeñas empresas agroindustriales es un paso importante para lograr estos objetivos, y para asegurar que los beneficios de la investigación lleguen a quienes más los necesitan. La investigación, la innovación y la transferencia tecnológica son los pilares del desarrollo agroindustrial, y la presente investigación aspira a ser un aporte en esa dirección. La colabo-

ración 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 yuca y el camote, 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. El puré deshidratado de yuca y camote 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 puré deshidratado de yuca y camote 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 ali-

mentos 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. El puré deshidratado de yuca y camote 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 el puré deshidratado de yuca y camote 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 yuca y el camote, 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. El puré deshidratado de yuca y camote es una muestra de esta transformación, y un paso hacia un futuro más próspero y sostenible para el Perú. La investigación, la innovación y la transferencia tecnológica son los pilares del desarrollo agroindustrial, y la presente investigación aspira a ser un aporte en esa dirección. 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 yuca y el camote, 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. El puré deshidratado de yuca y camote 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 puré deshidratado de yuca y camote 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. El puré deshidratado de yuca y camote 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 el puré deshidratado de yuca y camote 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 yuca y el camote, 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. El puré deshidratado de yuca y camote es una muestra de esta transformación, y un paso hacia un futuro más próspero y sostenible para el Perú.

Capítulo 6

*Reflexiones finales y orientaciones para el desarrollo del
puré deshidratado de camote y yuca*

RAÍCES EN TRANSFORMACIÓN.

Ciencia y desarrollo en la elaboración de alimentos deshidratados

El análisis exhaustivo de los resultados obtenidos a lo largo de esta investigación permite extraer conclusiones significativas que contribuyen a la comprensión de la viabilidad técnica y la aceptabilidad del puré deshidratado elaborado a partir de harinas pre-cocidas de camote y yuca, así como a identificar líneas de acción para futuros desarrollos y aplicaciones prácticas. La investigación ha demostrado que es posible obtener un producto deshidratado a partir de la combinación de estos dos tubérculos, con características fisicoquímicas y microbiológicas adecuadas, y con un nivel de aceptación que, aunque moderado, sugiere un potencial para su mejora y posicionamiento en el mercado. El diseño del diagrama de operaciones para el proceso del puré deshidratado, que incluyó diferentes proporciones de mezcla de yuca y camote, resultó en un proceso estructurado con 15 etapas, abarcando desde el almacenamiento inicial y final, pasando por las operaciones y las actividades combinadas de operación e inspección, hasta una etapa de demora correspondiente al enfriamiento. La identificación y descripción detallada de cada una de estas etapas constituye un aporte metodológico significativo, ya que proporciona una guía clara y estandarizada para la producción del puré deshidratado, lo que facilita su escalamiento a nivel industrial y su transferencia a otros contextos productivos. La estandarización del proceso es fundamental para garantizar la consistencia y la calidad del producto final, y el diagrama

de operaciones es una herramienta esencial para este fin, ya que permite identificar los puntos críticos de control y establecer procedimientos operativos estándar que aseguren la calidad y la seguridad del producto. La inclusión de etapas de inspección en el diagrama refleja la importancia del control de calidad en cada fase del proceso, lo que contribuye a la obtención de un producto final que cumpla con los estándares establecidos y que sea seguro para el consumo. La etapa de enfriamiento, considerada como una demora, es un aspecto a menudo descuidado en los procesos de producción, pero que resulta fundamental para la textura y la estabilidad del producto final, ya que un enfriamiento inadecuado puede afectar las propiedades sensoriales y la vida útil del puré deshidratado. El diagrama de operaciones también es una herramienta valiosa para la capacitación del personal y para la transferencia de tecnología, ya que proporciona una representación visual y detallada del proceso, lo que facilita su comprensión y su implementación en diferentes contextos productivos. La estandarización del proceso, junto con el control de calidad en cada etapa, asegura que el producto final cumpla con los estándares de calidad establecidos y sea seguro para el consumo, lo que es esencial para su éxito en el mercado.

En cuanto a las propiedades fisicoquímicas de las formulaciones, los resultados mostraron que la variable densidad no presentó diferencias significativas entre los

tratamientos, aunque el tratamiento tres (30% yuca y 70% camote) obtuvo el mayor valor con 0.867 g/ml. La densidad es un parámetro que influye en el envasado y en el manejo del producto, y aunque las diferencias entre tratamientos fueron pequeñas, la identificación del tratamiento con mayor densidad puede ser relevante para aplicaciones específicas donde se requiera una mayor compactación del polvo. La humedad, por su parte, estuvo relacionada significativamente con la proporción de mezcla de yuca y camote, influyendo de manera altamente significativa ($p=0.000<0.05$). El tratamiento uno (70% yuca y 30% camote) presentó el mayor porcentaje de humedad (5.31%) en comparación con los demás tratamientos, aunque todos los valores se encuentran dentro de los límites permitidos por las normas técnicas para harinas. El control de la humedad es esencial para la estabilidad y la vida útil del producto, y el hecho de que todas las formulaciones cumplieran con este requisito es un indicador positivo de su calidad y de su potencial para ser comercializadas. La humedad también influye en la textura y en la capacidad de rehidratación del producto, y una humedad óptima es esencial para obtener un puré rehidratado con una textura adecuada y una buena aceptación sensorial. La proporción de mezcla de yuca y camote mostró una influencia significativa en el porcentaje de acidez ($p=0.000<0.05$), observándose que a mayor proporción de harina de camote, mayor es el porcentaje de acidez. El tratamiento nueve

(30% yuca y 70% camote) obtuvo 0.7467% de acidez titulable, mientras que el tratamiento cuatro (70% yuca y 30% camote) produjo 0.53% de acidez titulable. La acidez es un parámetro que influye en el sabor y en la estabilidad del producto, y su control es importante para asegurar la calidad y la aceptación del producto final. Una mayor acidez puede contribuir a una mayor conservación, pero también puede afectar el sabor, por lo que es necesario encontrar un equilibrio que satisfaga las preferencias de los consumidores. La interacción entre la proporción de mezcla y la proporción de agua sugiere que la acidez del puré puede ser modulada ajustando la cantidad de agua, lo que ofrece una oportunidad para adaptar el producto a diferentes gustos y necesidades. El control de la acidez es, por lo tanto, un aspecto clave en el desarrollo de productos alimenticios, y su monitoreo regular es una práctica recomendada en la industria alimentaria para garantizar la consistencia y la calidad del producto final.

La evaluación sensorial del puré rehidratado, que consideró los atributos de color, sabor, textura y apariencia general, reveló que la proporción de mezcla de yuca y camote no influyó de manera significativa en el color, mientras que la proporción de harina y agua sí tuvo un efecto significativo ($p=0.018<0.05$). Los tratamientos siete, ocho y nueve obtuvieron la mayor aceptación en el color, con puntuaciones medias de 6.49, 6.51 y 6.48, respectivamente, mientras que el tratamiento tres fue el

que obtuvo la menor aceptación con 5.74 puntos. Estos resultados indican que una mayor cantidad de agua en la rehidratación mejora la percepción del color, posiblemente porque el puré se vuelve más claro y brillante, lo que puede ser más atractivo para los consumidores. En cuanto a la textura, el tratamiento ocho obtuvo la mayor aceptación media con 6.14 puntos, mientras que el tratamiento uno obtuvo la menor aceptación media con 5.34 puntos. La textura es un atributo importante en la aceptación de los alimentos, y una textura suave, cremosa y homogénea es generalmente preferida por los consumidores. Los resultados sugieren que la combinación de una proporción equilibrada de yuca y camote (50-50%) y una mayor hidratación produce una textura más aceptable. Respecto a la apariencia general, el tratamiento nueve consiguió la mayor aceptación media con 6.16 de puntuación, mientras que los tratamientos siete y ocho obtuvieron una puntuación de igual valor con 6.06 puntos. La apariencia general es un atributo que combina la percepción del color, la textura y la presentación del producto, y su optimización es clave para atraer a los consumidores. El tratamiento nueve, que contenía la mayor proporción de camote (70%) y la mayor cantidad de agua (relación 1-5), fue el que mejor se adaptó a las preferencias de los consumidores en términos de apariencia general. En general, las formulaciones de puré deshidratado no obtuvieron una gran aceptación a nivel de consumidor, logrando una calificación de “me

gustó ligeramente” para los tratamientos siete, ocho y nueve, con una puntuación total de todas las variables de 6.11, 6.14 y 6.21 puntos, respectivamente. El tratamiento nueve fue considerado el de mayor aceptación sensorial, y su análisis proximal reveló que es bajo en grasa (0.6%), alto en carbohidratos (82.42%) y aporta 357.72 kcal/100 g. La composición nutricional del tratamiento nueve lo convierte en un producto energético, adecuado para personas que buscan una fuente rápida de energía, y su bajo contenido de grasa es una característica favorable para los consumidores preocupados por su salud. El perfil nutricional del producto, junto con su aceptación sensorial, sugiere que tiene potencial para ser comercializado, aunque se requiere de una optimización adicional para mejorar su sabor y su textura, y para aumentar su nivel de aceptación entre los consumidores. La evaluación sensorial es una herramienta fundamental para el desarrollo de nuevos productos, y los resultados obtenidos proporcionan información valiosa para orientar futuras investigaciones y para mejorar la formulación del puré deshidratado.

Los resultados del análisis microbiológico mostraron que todas las formulaciones de puré deshidratado están aptas para el consumo humano, ya que se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la Resolución Ministerial N° 615-2003 SA/DM (DIGESA, 2003). La formulación con código 437 fue la que obtuvo la menor cantidad de unidades formadoras de colonias con 2×10^2 UFC/g

en aerobios mesófilos, lo que indica una excelente calidad microbiológica. La ausencia de microorganismos patógenos y la baja carga microbiana son indicadores de que el proceso de elaboración fue adecuado y que el producto es seguro para el consumo. La calidad microbiológica es un aspecto fundamental para la aceptación del producto en el mercado y para la confianza de los consumidores, por lo que el control de la higiene y la realización de análisis microbiológicos periódicos son prácticas esenciales en la producción de alimentos procesados. La baja humedad de las formulaciones, junto con las buenas prácticas de manufactura, contribuyeron a la calidad microbiológica del producto final. La calidad microbiológica del puré deshidratado es un indicador de la calidad del proceso de producción y de la seguridad del producto, y su cumplimiento es un requisito indispensable para la comercialización de alimentos. La ausencia de patógenos en el producto final valida la efectividad del proceso de deshidratación y de las medidas de higiene implementadas, y proporciona una base sólida para la comercialización del producto. La inocuidad de los alimentos es un derecho fundamental de los consumidores, y su garantía es una responsabilidad de los productores y de las autoridades sanitarias. La calidad microbiológica del puré deshidratado, junto con su composición proximal y su aceptación sensorial, lo convierten en un producto con potencial para ser introducido en el mercado, siempre que se realicen los ajustes necesarios para mejorar su sabor y su textura.

A partir de las conclusiones obtenidas, se formulan una serie de recomendaciones orientadas a mejorar el producto y a ampliar el alcance de la investigación, con el objetivo de optimizar su calidad y su potencial de comercialización. Considerando que las formulaciones de puré deshidratado no obtuvieron una gran aceptación en cuanto al sabor, se recomienda explorar la adición de otros ingredientes en la formulación, como orégano en polvo o leche en polvo, que podrían mejorar el perfil de sabor y aumentar la aceptación por parte de los consumidores. La adición de orégano en polvo, por ejemplo, podría aportar un aroma y un sabor característicos que enriquezcan la experiencia sensorial del puré, mientras que la leche en polvo podría contribuir a una textura más cremosa y a un sabor más suave. La experimentación con diferentes combinaciones de condimentos y aditivos es una práctica común en el desarrollo de productos alimenticios, y podría ser clave para mejorar la aceptación del puré deshidratado. Asimismo, se recomienda investigar la influencia de la temperatura de deshidratación sobre la aceptación sensorial, ya que la temperatura puede afectar las propiedades organolépticas del producto, como el color, el sabor y la textura. Variaciones en la temperatura de deshidratación podrían resultar en productos con características sensoriales diferentes, y la identificación de la temperatura óptima podría contribuir a mejorar la calidad del producto final. La optimización de las condiciones de deshidrata-

ción es un aspecto crucial en el desarrollo de alimentos deshidratados, y su estudio sistemático puede conducir a mejoras significativas en la calidad del producto. La temperatura de deshidratación influye en la velocidad de secado, en la retención de nutrientes y en las características sensoriales del producto, por lo que su control es esencial para obtener un producto de alta calidad. La investigación de diferentes temperaturas de deshidratación, combinada con la evaluación sensorial de los productos resultantes, permitiría identificar las condiciones óptimas para obtener un puré deshidratado con las mejores características sensoriales y nutricionales.

Se recomienda obtener purés deshidratados utilizando diferentes proporciones de mezcla de distintas variedades de camote (blanco, morado y amarillo), considerando que el puré de mayor aceptación contiene en su formulación 30% de yuca y 70% de camote. La utilización de diferentes variedades de camote podría aportar variaciones en el color, el sabor y la textura del producto final, y podría permitir la obtención de productos con perfiles sensoriales diferenciados que se adapten a diferentes preferencias de los consumidores. El camote morado, por ejemplo, es rico en antocianinas, compuestos con propiedades antioxidantes, y su inclusión en la formulación podría resultar en un producto con un mayor valor nutricional y con un color más atractivo. La experimentación con diferentes variedades de camote podría, por lo tanto,

abrir nuevas oportunidades para la innovación y la diferenciación del producto en el mercado. Además, se recomienda utilizar diferentes medios de rehidratación, como proporciones variables de leche y agua, para mejorar las características sensoriales del puré. La rehidratación con leche, en lugar de agua, podría resultar en un puré con una textura más cremosa y un sabor más suave, lo que podría aumentar su aceptación entre los consumidores. La leche aporta proteínas, grasas y lactosa, que pueden modificar las propiedades sensoriales y nutricionales del puré, y su uso podría ser una estrategia efectiva para mejorar la calidad del producto. La investigación de diferentes medios de rehidratación podría conducir a la identificación de la combinación óptima para obtener un puré con las mejores características sensoriales y nutricionales. De acuerdo con los resultados del análisis sensorial, se recomienda optar por el tratamiento 9 (30% de yuca y 70% de camote, rehidratado con una relación 1-5 de harina y agua), ya que fue el que obtuvo la mayor aceptación por parte de los consumidores. Esta formulación, que combina una mayor proporción de camote y una mayor hidratación, ha demostrado ser la más atractiva para los consumidores en términos de color, sabor, textura y apariencia general. La selección de esta formulación como la de mayor aceptación proporciona una guía para la optimización del producto y para su futura producción y comercialización. El tratamiento 9, con su mayor proporción de camote y

su mayor hidratación, ofrece un producto con un perfil sensorial equilibrado y atractivo, y su composición nutricional, con un bajo contenido de grasa y un alto contenido de carbohidratos, lo convierte en una opción saludable y energética. La implementación de esta formulación en la producción a gran escala podría ser una estrategia efectiva para lanzar al mercado un producto con un alto potencial de aceptación. Finalmente, para futuras investigaciones se recomienda ampliar el número de consumidores en las pruebas sensoriales, considerando la variabilidad del mercado objetivo con el propósito de enriquecer más el trabajo de investigación. Un mayor número de consumidores proporcionaría una evaluación más representativa de la aceptación del producto y permitiría identificar con mayor precisión las preferencias de los consumidores en diferentes segmentos del mercado. La ampliación de la muestra de consumidores también permitiría realizar análisis estadísticos más robustos y obtener conclusiones más generalizables. La inclusión de consumidores de diferentes edades, géneros y niveles socioeconómicos podría proporcionar información valiosa sobre la aceptación del producto en diferentes grupos de la población, y podría orientar el desarrollo de productos específicos para diferentes nichos de mercado. La investigación de mercado es un paso fundamental en el desarrollo de nuevos productos, y la realización de pruebas sensoriales con un número adecuado de consumidores es esencial para asegurar el

éxito comercial del producto. La ampliación de la muestra de consumidores, junto con la optimización de la formulación y del proceso de producción, contribuiría a aumentar la calidad y la aceptación del puré deshidratado de yuca y camote, y a posicionarlo como un producto competitivo en el mercado de alimentos instantáneos. 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 yuca y el camote, 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. El puré deshidratado de yuca y camote 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 puré deshidratado de yuca y camote 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.

Referencias

- Acosta, A. M. (2012). *Elaboración de un puré instantáneo a partir de zana-
horia blanca y camote en la planta de alimentos de la UTE* [Tesis de
grado, Universidad Tecnológica Equinoccial].
- Alban, C., & Figueroa, A. (2011). *Elaboración de sopa instantánea a partir
de harina de camote* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica
del Litoral].
- Alemán, L. P., Ferradas, H. A., & Rodríguez, A. F. (2013). Alimentos com-
plementarios para infantiles. *Pueblo Cont*, 24(1), 115-131.
- Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). *Guía técnica para producción y aná-
lisis de almidón de yuca*. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO,
163.
- Calderón, V. R. (2010). *Deshidratación de alimento* [Folleto]. La Libertad:
autor.
- Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. (2009). *Tablas peruanas
de composición de alimentos*.
- Cock, J. H. (1989). *La yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional*.
USAID.
- CODEX STAN. (1989). *Norma del Codex para la harina de yuca comestible*.
- Colina, M. L. (2010). *Deshidratación de alimentos*. Trillas.
- Cruz, D. A., & Sierra, M. G. (2015). *Desarrollo de un puré deshidratado a
partir de tres clones candidatos a registro de papa criolla (Solanum tu-
berosum Grupo Phureja)* [Tesis de grado, Universidad de La Salle].
- Dirección General de Salud Ambiental. (2003). *Norma sanitaria que
establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad
para los alimentos y bebidas de consumo humano*.
- Dueñas, J. (2018). La deshidratación: la forma más antigua y sana de
conservar alimentos. *Giro Salut*, Julio. <https://n9.cl/fu1h7d>

- Encalada, H. J. (2017). *Efecto de la temperatura y el espesor en el proceso de deshidratado de mango (Mangifera indica L.) variedad Kent* [Tesis de grado, Universidad Católica Sedes Sapientiae].
- Fernández, F. C. (2008). *Caracterización reológica y optimización de la textura de purés de patata frescos y congelados. Efectos del proceso y adición de crioprotectores* [Tesis de doctorado, Universidad Complutense de Brasil].
- Fernández, J., & Martínez, A. (2015). *Elaboración de papilla instantánea a base de oca (Oxalis tuberosa), mashua (Tropaeolum tuberosum) y leche descremada en polvo* [Tesis de grado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión].
- Florencia, M. (2011). *Estudio de procesos de deshidratación industrial de ajo con la finalidad de preservar alicina como principio bioactivo* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cuyo].
- Fonseca, C., Zuger, R., Walker, T., & Molina, J. (2002). *Estudio de impacto de la adopción de las nuevas variedades de camote liberadas por el INIA, en la costa central, Perú. Caso del valle de Cañete*. Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Gallego, S., & García, J. (2015). *Producción y usos de harina refinada de yuca*. Corporación Clayuca.
- Gonzales, F. A. (2012). *Caracterización de las propiedades funcionales de fructanos de agave para su uso como sustituto de grasa en alimentos* [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional].
- Grández, G. G. (2008). *Evaluación sensorial y físico-química de néctares mixtos de frutas a diferentes proporciones* [Tesis de grado, Universidad de Piura].

- Guardia, C. R. (2018). *Obtención de puré deshidratado de papa nativa yawar huayco (Solanum tuberosum) con quinua negra (Chenopodium quinoa Willd)* [Tesis de grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán].
- Gutiérrez, J. C., & Reinoso, V. P. (2011). *Desarrollo de una fórmula para sopa instantánea con valor nutricional a partir de harina de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza Bancroft)* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral].
- Hernández, M., Torruco, J. G., Chel, L., & Betancur, D. (2008). Caracterización físico-química de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, 28(3), 718-726.
- Hernández, S. A., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Inca, E. (2015). *Evaluación de las propiedades tecnofuncionales y sensoriales de puré deshidratado de papa nativa (Solanum tuberosum) fortificado con quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y oca (Oxalis tuberosa Mol.)* [Tesis de grado, Universidad Nacional José María Arguedas].
- Loor, D. J. (2015). *Potencial agroproductivo de variedades de camote (Ipomoea batatas (L.) Lam.) para el valle del río Carrizal* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Malabí].
- López, E., & Gonzales, B. (2014). *Diseño y análisis de experimentos: fundamentos y aplicaciones en agronomía*. <https://n9.cl/45apm1>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2016). *Boletín estadístico de producción agrícola, pecuaria y avícola*.
- Moscoso, M. E. (2014). *Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de cinco clones de papa nativa (Solanum tuberosum) y del puré deshidratado* [Tesis de grado, Universidad Nacional José María Arguedas].

- Norma Oficial Mexicana F-250-S. (1980). *Ajo deshidratado*.
- Norma Oficial Mexicana-092-SSA1. (1994). *Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa*. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/092ssa14.html>
- Norma Oficial Mexicana-114-SSA1. (1994). *Método para la determinación de salmonella en alimentos*. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/114ssa14.html>
- Pérez, G. R. (2013). *Evaluación de tres variedades y tres distanciamientos de siembra en el cultivo de yuca. Manihot esculenta (geraniales; euphorbiaceae) en el Parcelamiento de Caballo Blanco del departamento de Retalhuleu* [Tesis de grado, Universidad Rafael Landívar].
- Programa Nacional de Alimentación Escolar Qali Warma. (2016). *Ficha técnica de alimentos - modalidad productos*.
- Raudez, M. G., & Poveda, M. M. (2004). *Caracterización y evaluación preliminar de seis genotipos de camote (Ipomoea batatas L.) con fertilización orgánica e inorgánica* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria].
- Resolución Ministerial N.º 020-2015/MINSA. (2015, 13 de enero). Disponen la prepublicación del proyecto "Norma sanitaria que establece la lista de alimentos de alto riesgo (AAR)". *Diario oficial El Peruano*, p. 12.
- Rivada, F. J. (2008). *Planta industrial de producción de ácido cítrico a partir de melazas de remolacha* [Tesis de grado, Universidad de Cádiz].
- Riveros, F., & Fernández, A. (2006). *Formulación de puré instantáneo de papa amarilla (Solanum goniocalyx), kiwicha (Amaranthus caudatus), y leche entera para niños en periodo de ablactancia*.

- Roquel, M. E. (2008). *Diseño de una línea de producción para la elaboración de harina de camote (Ipomoea batata)* [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala].
- Sancho, J. V., Bota, E. P., & Castro, J. M. (1998). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Universidad de Barcelona.
- Tessaro, S. E. (2014). *Alimento con alto contenido de fructanos: puré de topinambur (Helianthus tuberosus L.)* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cuyo].
- Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., & Elías, L. G. (1992). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*.
- Yañez, V. O. (2002). *Aislamiento y caracterización de marcadores moleculares microsatélites a partir de la construcción de librerías genómicas enriquecidas de camote (Ipomoea batatas (L.) Lam.)* [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Marcos].



Religación
Press
Ideas desde el Sur Global



Religación
Press

ISBN: 978-9907-845-17-4

