



Universidad del Azuay

Departamento de Posgrados

Maestría en Desarrollo e Innovación de Alimentos

ELABORACIÓN DE CHUTNEY SIN AZÚCAR AÑADIDA A
PARTIR DE CUCURBITÁCEAS ANCESTRALES: ZAPALLO
(*Cucurbita moschata Duchesne*) Y YUCA (*Manihot
esculenta Crantz*)

Autora:

Marlene del Cisne Jaramillo Granda

Director:

Ing. Marco Lazo Vélez, PhD

Cuenca – Ecuador

2026

Contenido

ABSTRACT	4
CAPÍTULO 1	5
INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO 2	8
MATERIALES Y MÉTODOS	8
2.2. Grado de hidrólisis enzimática de la yuca: proceso del hidrolizado	8
2.6. Colorimetría	10
2.7. Grados Brix	10
2.8. Liofilizado de las muestras de chutney	11
2.9. Índice glicémico estimado	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
3.1 Análisis de pH, acidez, grados brix	12
3.2. Colorimetría	13
3.3. Índice Glucémico:	14
CAPÍTULO 4	17
Conclusiones	17
Recomendaciones	17
Referencias	18

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, a mi esposo José, a mis hijas María Claudia (+) Mónica y Marcela, son el motor de mi vida, su apoyo durante todo este proceso ha sido incomparable.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer mucho a mi esposo, a mis hijas María Claudia (+), Mónica y Marcela, por su apoyo constante con mi decisión de emprender en este camino de nuevo aprendizaje.

Gracias a cada uno de mis profesores por compartir sus conocimientos de la mejor manera, fueron muy valiosas sus recomendaciones.

Gracias a mi director de este trabajo de titulación, Doctor Marco Vélez, gracias por su ayuda, durante este proceso.

Gracias mi querido amigo Wilson, soy muy grata con usted, siempre estuvo para ayudarme cuando necesitaba en todo este proceso de la maestría o cuando me arrepentía de esa decisión. Lo llevo en mi corazón.

A mi querida amiga Nicole su ayuda y apoyo ha sido muy importante.

Gracias Dieguito por su ayuda y comprensión, valoro mucho su apoyo

RESUMEN:

Este estudio propone el diseño y desarrollo de un chutney agridulce, no fermentado y sin azúcar añadida, elaborado a partir de zapallo (*Cucurbita moschata Duchesne*) y yuca (*Manihot esculenta Crantz*), empleando tanto materia prima entera como yuca hidrolizada mediante α -amilasa y amiloglicosidasa. Se evaluaron el índice glucémico, el color instrumental y las propiedades sensoriales del producto final. Los resultados de colorimetría indicaron que el chutney formulado con hidrolizado de yuca presentó una coloración más intensa y menos oscura en comparación con el chutney con azúcar añadida ($p < 0,05$). En la evaluación sensorial, los atributos de color, apariencia, sabor, regusto y aceptación global obtuvieron puntuaciones superiores a 5 puntos y mostraron una preferencia significativa frente al chutney con azúcar añadida ($p < 0,05$). No obstante, el índice glucémico del chutney con yuca hidrolizada (144) fue significativamente superior al del control con azúcar ($p < 0,05$). Estos hallazgos sugieren que, si bien la hidrólisis enzimática mejora las características sensoriales, puede incrementar la respuesta glucémica del producto. En este contexto, el uso de materias primas tradicionales sometidas a procesos enzimáticos representa una alternativa viable para el desarrollo de productos gastronómicos con valor agregado, aunque requiere optimización para modular su impacto metabólico.

Palabras clave: chutney, hidrolizado, no fermentado, yuca, calabaza.



Director de tesis

ABSTRACT:

This study proposes the design and development of a sweet-and-sour, non-fermented chutney with no added sugar, formulated from zapallo (*Cucurbita moschata Duchesne*) and cassava (*Manihot esculenta Crantz*), using both whole raw material and cassava hydrolyzed with α -amylase and amyloglucosidase. The glycemic index, instrumental color, and sensory properties of the final product were evaluated. Colorimetric results indicated that the chutney formulated with hydrolyzed cassava exhibited a more intense and less dark coloration compared to the chutney with added sugar ($p < 0.05$). Sensory evaluation showed that the attributes of color, appearance, flavor, aftertaste, and overall acceptability scored above 5 points and were significantly preferred over the chutney with added sugar ($p < 0.05$). However, the glycemic index of the chutney containing hydrolyzed cassava (144) was significantly higher than that of the sugar-containing control ($p < 0.05$). These findings suggest that, although enzymatic hydrolysis improves sensory characteristics, it may increase the glycemic response of the product. In this context, the use of traditional raw materials subjected to enzymatic processes represents a viable approach for developing value-added gastronomic products, although further optimization is required to modulate their metabolic impact.

Key words: chutney, hydrolyzation, non-fermented, cassava, pumpkin.



Director de tesis

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Muchos alimentos ancestrales americanos están en peligro de extinción o tienen un uso único que no ha avanzado desde su descubrimiento, un ejemplo de ellos es la calabaza (*Cucurbita máxima*) de la familia de las cucurbitáceas y la yuca (*Manihot esculenta Crantz*) de la familia de *Euphorbiaceae* (Grisales, 2020). Los usos de estas plantas son limitados, generalmente se comen cocidas solas, pueden utilizarse para preparar puré, cristalizadas o formando parte de pocas preparaciones. Así, la falta de una diversificación de su uso, en el caso de la calabaza y la yuca, prácticamente la pone al borde de la extinción (Zegarra & Arevalo, 2012)

Se ha informado de que el 65% de las calabazas silvestres no se conservan formalmente en ningún banco de gene (Atkinson et al., 2008). Por estos motivos se hace necesario buscar alternativas para ampliar las formas de consumo tradicionales, precisamente, es el motivo de este trabajo: diseñar y desarrollar una fórmula de chutney agridulce con estos productos (Andreu, 2022). Por otro lado, las plantas cucurbitáceas, que albergan las calabazas, y dentro de estas al zapallo máximo; se usaron en la época precolombina como alimento, mientras que su cáscara era utilizada como recipiente de cocina y de servicio de alimentos, mucho antes que la cerámica (Carrera, 2018)

Estrella, (1998), considera que el zapallo se constituía como un elemento principal en la seguridad alimentaria de América ancestral precolombina por su plasticidad agronómica y versatilidad culinaria. El zapallo pertenece a la familia de las cucurbitáceas, que abarca unas 27 especies, donde las más utilizadas son: *Cucurbita maxima*, *C. moschata*, *C. pepo*, *C. argyrosperma*; *C. ficifolia*, de las cuales el “zapallo máximo” tiene los frutos más grandes de la familia (Rodríguez, Valdes, & Ortiz, 2018)

Por otro lado, la yuca (*Manihot esculenta Crantz*), también conocida como mandioca o casava, es la cuarta fuente de calorías para alrededor de 500 millones de personas, después del arroz, el azúcar y el maíz, en lo referente a la cantidad de calorías producidas, se cultiva especialmente en lugares de climas cálidos y en terrenos considerados infértiles, ácidos y con largos períodos de sequía. Esta raíz rústica no solo es un alimento básico

para muchas familias, sino que también se ha convertido en un valioso alimento desde la época precolombina, mucho antes de la llegada de los españoles (Estrella, 1998). El alto contenido de almidón en la yuca y su mayor proporción de amilosa hacen de esta un importante cultivo industrial, además de ser un importante cultivo alimenticio rico en calorías. El almidón de yuca es la segunda fuente de almidón en el mundo después del maíz (Suarez & Mederos, 2011)

Según Rashwan y Younis, el alto contenido de almidón en diferentes tipos de yuca puede variar desde aproximadamente 15% hasta 35% en peso fresco, con un promedio cercano al 25%, de hecho, su mayor proporción de amilosa en comparación con otras fuentes de almidón hace de este producto un importante cultivo industrial. (Rashwan & Younis, 2024). Por otra parte, Cobana et al. reportan que la raíz de yuca contiene entre 24 y 30 % de almidón en peso fresco, según las condiciones de cultivo. El almidón en la yuca está principalmente presente en forma de amilosa y amilopectina, siendo esta última la forma predominante, lo que confiere a la raíz una buena capacidad de gelatinización y digestibilidad (Cobana & Antezana, 2007).

La investigación sobre alimentos sin azúcar añadida es un campo amplio y en crecimiento, motivado por la creciente concientización sobre los efectos negativos del consumo excesivo de azúcar en la salud (Sanhueza, 2023) . Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), reducir la ingesta de azúcares libres a menos del 10% de la ingesta total de energía, disminuiría significativamente el riesgo de obesidad, diabetes tipo 2 en adultos y niños. Frente a esta situación, la industria alimentaria se encuentra en una carrera constante por innovar y satisfacer las necesidades del consumidor consciente de su salud, buscando la manera de reducir los azúcares añadidos en los alimentos procesados, sin comprometer el sabor agradable (OMS, 2016) . El proceso de hidrólisis enzimática consiste en romper las moléculas de almidón hasta obtener glucosa mediante dos enzimas: primero la α -amilasa y luego la amiloglucosidasa (AMG). La glucosa obtenida es el sustrato en la etapa posterior de fermentación (Castaño, Cardona, Mejia, & Acosta, 2011).

Por otro lado, la transformación de almidones en dextrinas y azúcares simples en la yuca o en cualquier otro alimento que contenga almidón, se lleva a cabo a través de procesos enzimáticos. La yuca contiene almidón, un compuesto de carbohidrato formado por cadenas de moléculas de glucosa unidas entre sí (Villaroel, 2018). Los almidones se

pueden clasificar en dos tipos principalmente: amilosa que es una cadena lineal de glucosa, y amilopectina, una cadena ramificada de glucosa. Para convertir el almidón en dextrinas y azúcares simples, se requieren enzimas específicas como las amilasas (Alfa-amilasa y Beta-amilasa), glucoamilasa que descompone las dextrinas y maltosa en glucosa; descalificantes como la isoamilasa y la pullulanasa (descompone el almidón especialmente la amilopectina) actúan sobre los puntos de ramificación de la amilopectina, permitiendo una degradación más completa (Bernal, 2006).

El chutney (chatni): es un preparado que fue introducido, al igual que pasó con otros platos indios, en barcos que comercializaban entre la India y la costa Oeste de Norte América (García Pacheco, 2019). Es una preparación del oeste de la India, que consiste en frutas, verduras, hierbas y especias que se cocinan lentamente en vinagre y azúcar, dando como resultado un condimento agrídulce muy aromático y agradable al paladar. El chutney es clasificado como un encurtido no fermentado, que se puede utilizar en diferentes preparaciones, como guarnición, para realizar vinagretas, salsas para carnes, pescados y otros. En este producto, el vinagre o ácido acético se agrega directamente a hortalizas y frutas previamente escaldadas (Andreu, 2022).

Así, el objetivo de esta investigación es formular y elaborar un chutney sin adición de azúcares a partir de zapallo (*Cucurbita moschata Duchesne*) y yuca (*Manihot esculenta Crantz*) previamente hidrolizada, evaluando sus características fisicoquímicas, colorimétricas y el índice glicémico estimado, para establecer su potencial como alimento funcional.

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material vegetal

El zapallo (*Cucurbita moschata Duchesne*) y las yucas (*Manihot esculenta Crantz*) se adquirieron en la Asociación de Protectores de Semillas y en la Asociación de Productores Agrícolas Alimenticios (ASOPROAMI), en Cuenca, Ecuador. Ambos productos se lavaron, procesaron, pelaron y picaron en dados y posteriormente se almacenaron en congelación a -20 °C hasta la elaboración del producto.

2.2. Grado de hidrólisis enzimática de la yuca: proceso del hidrolizado

Para la obtención de la yuca parcialmente hidrolizada se procedió a pesar 100 g de almidón de yuca, 100 g de yuca en daditos pequeños, a continuación, la masa semisólida de almidón de yuca (gelatinizado), se ajustó a un pH de 6.8 mediante la adición de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, y 1.000 ml de agua, se calentó a 85°C, temperatura a la cual se agregó α -amilasa (SIGMA, San Luis Misuri, USA) a razón de 600 $\mu\text{L/L}$ de solución. La suspensión se mantuvo durante una hora en una estufa con agitación de 100 rpm (Thermo Scientific, Waltham, Massachusetts, USA), una vez transcurrido este tiempo la solución resultante se ajustó a un pH 4.3 mediante la adición de HCl 1N, y la temperatura estabilizada a 60°C, donde se adicionó la enzima amiloglicosidasa (SIGMA, San Luis, Misuri, USA) en una proporción de 0.4ml/100ml, y los daditos de yuca, durante el tiempo necesario para alcanzar el grado de dulzor deseado. Se reduce la plancha hasta obtener 40 °Brix; de esta manera, se obtiene un jarabe hidrolizado de yuca para agregarlo al chutney.

2.3. Elaboración del Chutney con hidrolizado de yuca y con azúcar

En la Figura 1 se puede observar el flujo de producción de la elaboración del chutney elaborado con hidrolizado de yuca. Brevemente, para la elaboración del chutney se pesaron 100 g de yuca en dados, 100 g de zapallo cortado en dados pequeños, 30 g de pimienta dulce cortado, 3 g de sal, 53 ml de jarabe de yuca hidrolizada, 100 ml de vinagre y 5 g de especias dulces: clavo de olor, canela, anís estrellado, pimienta dulce e ishpingo. Se mezclaron los productos en un vaso de precipitación de un litro y se colocó en una estufa a una temperatura entre 250 y 300 °C por una hora aproximadamente, siempre removiendo para que no se pegue en el fondo, de tal manera que se unan todos los elementos, aproximadamente por una hora hasta obtener una mezcla espesa.

Para el chutney con azúcar se pesa exactamente las mismas cantidades de elementos y se reemplaza el jarabe de yuca por 60 g de azúcar blanca, de igual manera se coloca en un vaso de 1 litro y se coloca en una estufa con la misma temperatura y el mismo tiempo, para que los ingredientes se incorporen completamente, se cocinan simultáneamente, las dos preparaciones, al final se consigue una textura menos densa que la hidrolizada.

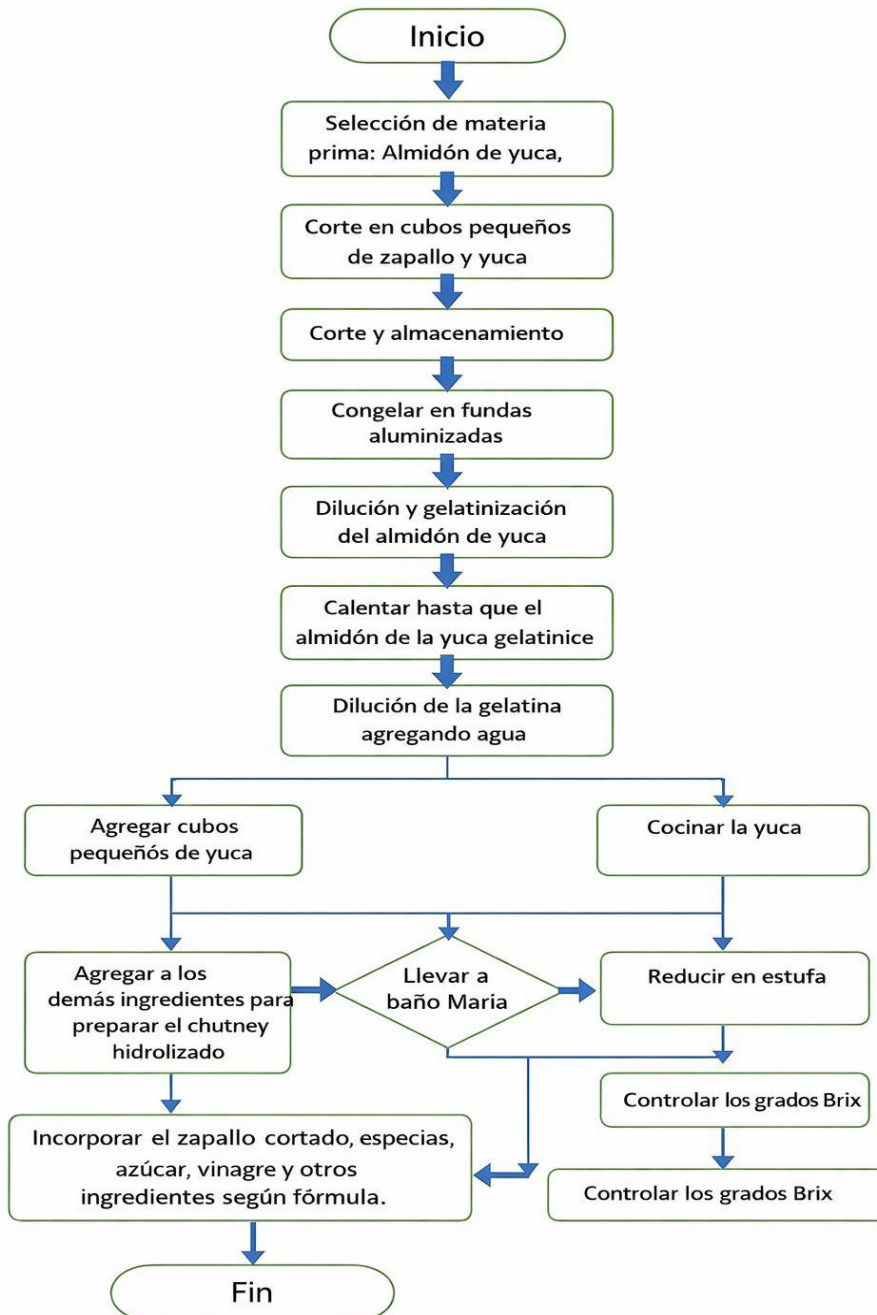


Figura 1: diagrama de flujo de la hidroxilación y preparación del Chutney sin azúcar añadida

2.4. Análisis sensorial

Las pruebas de aceptación sensorial fueron realizadas por un panel de 100 consumidores internos no entrenados, quienes evaluaron las características sensoriales y la aceptabilidad general del chutney. Las determinaciones se realizaron en el Laboratorio de pruebas sensoriales (UDA, Cuenca, Ecuador) en cabinas individuales, 24 h después de obtener las muestras. A cada consumidor se le sirvieron simultáneamente las muestras codificadas a evaluar, junto con una boleta, y se le pidió calificar el color, la textura, el sabor, el olor y la calidad general en una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 es "me disgusta muchísimo" y 9 es "me gusta muchísimo".

2.5. Determinación del pH y acidez

Las muestras de chutney sin liofilizar fueron temperadas (25 °C) y se procedió a leer el pH, sumergiendo el potenciómetro (Jenway, 3510, Uk) previamente calibrado, se reportó la lectura correspondiente. Se realiza de acuerdo con la Norma Técnica NTE INEN:389 para conservas vegetales. Para la determinación de la acidez, se midieron 5 mL de muestra y se tituló con hidróxido de sodio 0,1 N hasta alcanzar un pH de 8,3. Se reportó el volumen empleado en la titulación.

2.6. Colorimetría

El ensayo de colorimetría se realizó con un colorímetro espectral Lovibond LC 100 empleando los siguientes parámetros: medición sencilla, ecuación de color CIE $L^*a^*b^*$ en cada una de las muestras analizadas se ejecutaron tres mediciones. Se realizó una calibración previa del equipo con el blanco de control. A cada muestra se tomaron 3 diferentes alícuotas del chutney sin liofilizar. Se colocó cada una en una cubeta plástica específica para el colorímetro previamente mencionado (10 x 10 mm). Se realizó la lectura con el adaptador para cubetas, cubriendo la superficie con la tapa para evitar interacción con la luz ambiental, y se reportaron los resultados visualizados en el equipo. Las variables usadas, fueron L : luminosidad: escala de 0 a 100, a : indica la tendencia hacia el rojo (+a) o verde (-a) y b : indica la tendencia hacia el amarillo (+b) o azul (-b)

2.7. Grados Brix

Los grados Brix de las muestras de chutney sin liofilizar se midieron a temperatura ambiente con un refractómetro digital (Milwaukee, Wisconsin, EE. UU.) con una escala

de 0 a 85 unidades. Las muestras, una vez a temperatura ambiente, fueron colocadas en el refractómetro digital, previamente calibrado; se reportó la lectura correspondiente.

2.8. Liofilizado de las muestras de chutney

Las muestras de chutney se liofilizaron en un liofilizador (Grabar-bio, ES-20, England, BioTec instruments, Epoch, USA; jSR, JSSI-100T, Korea) para eliminar el agua, lo que permitió mantener sus propiedades organolépticas: sabor, aroma y valor nutritivo. Las muestras se congelaron a -80 °C durante 48 horas y posteriormente se liofilizaron a -65 °C durante 120 horas a ≤ 100 Pa.

2.9. Índice glicémico estimado

La hidrólisis *in vitro* del almidón de las muestras de chutney se determinó mediante un procedimiento enzimático estandarizado. Brevemente, se pesaron 0,5 g de muestra en un vaso de precipitación. A continuación, se agregan 0,5 mL de etanol al 95% y 17,5 mL de buffer de maleato de sodio 50 mM. La mezcla se incubó a 37 °C con agitación a 170 rpm en un Orbital Shaker-incubator ES-20. Luego, se añaden 2,5 mL de solución de amilasa pancreática/amiloglucosidasa (PAA/AMG) y se toman alícuotas cada 30 minutos durante 2 horas. A cada alícuota se le agregaron 3 mL de glucosa oxidasa peroxidasa (GOPOD) e incubaron a 50 °C durante 20 minutos. Finalmente, se colocaron las muestras en placas para medir la absorbancia a 510 nm (BioTek Instruments, Epoch, USA).

Las curvas de hidrólisis del almidón se construyeron graficando el porcentaje de almidón hidrolizado en función del tiempo. El área bajo la curva (AUC) se calculó utilizando el método trapezoidal. El índice de hidrólisis (HI) se determinó comparando el AUC de cada muestra con el de un alimento de referencia (glucosa o pan blanco), de acuerdo con la siguiente ecuación (1):

$$HI = \frac{AUC_{muestra}}{AUC_{referencia}} \times 100 \quad (1)$$

El índice glucémico estimado (eGI) se calculó a partir del índice de hidrólisis mediante la siguiente ecuación empírica:

$$eGI = 39.71 + 0.549 \times HI \quad (2)$$

Donde $AUC_{muestra}$ corresponde al área bajo la curva de hidrólisis *in vitro* del almidón de la muestra de chutney, y $AUC_{referencia}$ corresponde al área bajo la curva del alimento de referencia.

CAPITULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis de pH, acidez, grados brix

Los parámetros fisicoquímicos evaluados evidenciaron diferencias entre las formulaciones de chutney (Figura 2). En cuanto al pH, ambas muestras presentaron valores en un rango ácido, sin variaciones significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$), lo que indica que la hidrólisis enzimática no generó cambios sustanciales en este parámetro. Por el contrario, la acidez titulable mostró un incremento significativo en el chutney elaborado con yuca hidrolizada, siendo aproximadamente el doble en comparación con el chutney con azúcar ($p < 0,05$). Este comportamiento sugiere una mayor generación o liberación de compuestos ácidos asociada al proceso de hidrólisis.

El análisis del pH y la acidez es fundamental en productos como el chutney, ya que un pH inferior a 4,5 contribuye a inhibir el crecimiento de microorganismos y garantiza la estabilidad del producto (Bonilla Goyes, 2024). En este estudio, aunque no se observaron cambios significativos en el pH, la mayor acidez titulable en el chutney elaborado con material hidrolizado indica un incremento en la concentración de compuestos ácidos (Fennema, 2017). Este comportamiento puede atribuirse a la hidrólisis enzimática del almidón, que favorece la liberación de ácidos orgánicos y la formación de compuestos ácidos durante el procesamiento (Fennema, 2017).

Asimismo, la mayor disponibilidad de azúcares reductores promueve reacciones de pardeamiento no enzimático, como la reacción de Maillard (Martins et al., 2000), lo cual es consistente con el oscurecimiento observado en el producto (Figura 2). Estas reacciones, además de generar compuestos coloreados, pueden influir en el equilibrio ácido-base del sistema (Nursten, 2005). En conjunto, la hidrólisis enzimática incrementa la acidez titulable sin modificar significativamente el pH, y contribuye a cambios en las propiedades cromáticas del producto.

Por otra parte, los sólidos solubles totales (°Brix) en el chutney hidrolizado no presentaron diferencias significativas en comparación con el chutney con azúcar ($p > 0,05$), con variaciones menores al 1 % (Figura 1), lo que indica una equivalencia en la concentración de solutos disueltos. Este comportamiento puede explicarse por la acción de las enzimas α -amilasa y amilogucosidasa, las cuales hidrolizan el almidón en oligosacáridos y

glucosa, incrementando la fracción de azúcares solubles en el sistema (Singh et al., 2003). Como resultado, la hidrólisis enzimática genera compuestos de bajo peso molecular que contribuyen directamente al aumento de los sólidos solubles, alcanzando valores comparables a los obtenidos mediante la adición de sacarosa (Tester et al., 2004). Este efecto ha sido ampliamente reportado en matrices ricas en almidón, donde la conversión enzimática mejora la disponibilidad de azúcares solubles y modifica las propiedades fisicoquímicas del producto (Srichuwong et al., 2005).

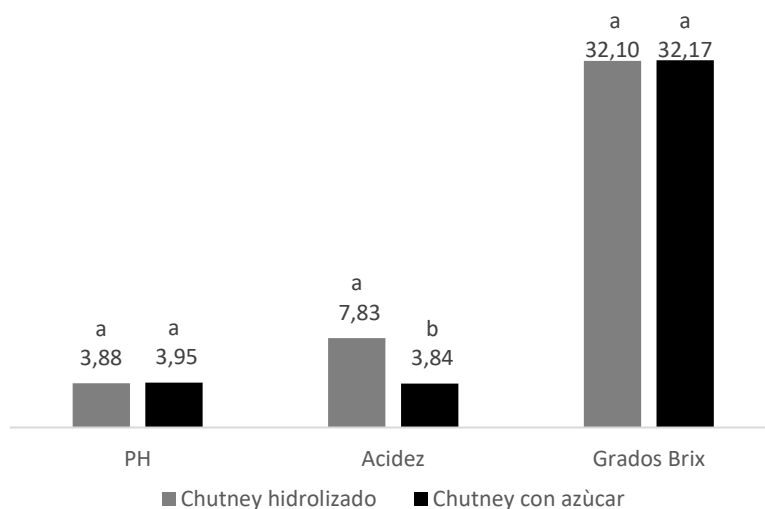


Figura 2: Análisis de pH, acidez y grados brix de chutney con azúcar y desde el almidón de yuca hidrolizado. La acidez es en mL de OHNa 0.1 N

3.2. Colorimetría

Los parámetros colorimétricos mostraron diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones ($p < 0,05$), evidenciando el efecto de la hidrólisis enzimática sobre las propiedades cromáticas del chutney (Figura 3). El valor de L^* fue aproximadamente 11 % menor en el chutney hidrolizado en comparación con el chutney con azúcar, lo que indica una menor luminosidad y, por tanto, una apariencia más oscura del producto hidrolizado. Esta disminución es consistente con la formación de compuestos de pardeamiento. En cuanto a los parámetros cromáticos, el valor de a^* fue aproximadamente 25 % mayor en el chutney hidrolizado, indicando una mayor tendencia hacia tonalidades rojizas. De manera similar, el valor de b^* fue cerca de 9 % superior, reflejando un incremento en los tonos amarillos. En conjunto, estos resultados evidencian una mayor saturación de colores cálidos en el producto hidrolizado.

Estos cambios pueden explicarse por la acción de las enzimas α -amilasa y amiloglicosidasa, que hidrolizan el almidón liberando azúcares reductores. Estos compuestos actúan como sustratos en reacciones de pardeamiento no enzimático, particularmente la reacción de Maillard, promoviendo la formación de pigmentos oscuros (Martins et al., 2000; Nursten, 2005). En contraste, el chutney con azúcar presenta una mayor luminosidad y menor intensidad cromática, lo que puede asociarse a una menor participación de azúcares reductores y a efectos de dilución óptica en sistemas ricos en sacarosa (Belitz & Grosch, 2009).

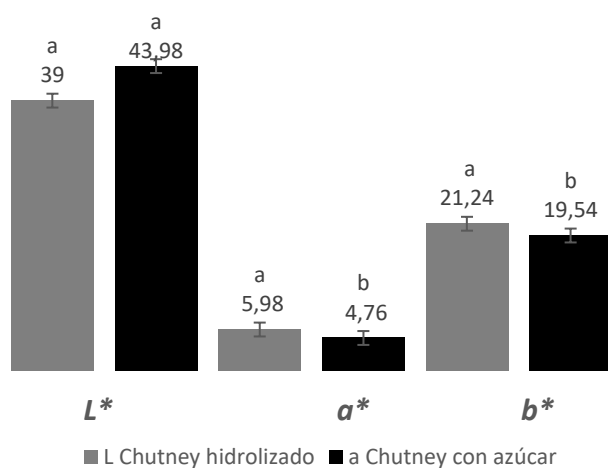


Figura 3. Colorimetría en las muestras de chutney hidrolizado y azúcar añadida. Las variables usadas, fueron L : luminosidad: escala de 0 a 100, a : indica la tendencia hacia el rojo (+a) o verde (-a) y b : indica la tendencia hacia el amarillo (+b) o azul (-b)

3.3. Índice Glucémico:

El índice glucémico estimado (eGI) mostró diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones ($p < 0,05$) (Figura 4). El chutney elaborado con almidón hidrolizado presentó un eGI aproximadamente 70 % superior al chutney con azúcar, evidenciando un incremento en la fracción de carbohidratos rápidamente digeribles y en el potencial glucémico del producto. En contraste, la formulación con azúcar se mantuvo en un rango moderado de respuesta glucémica. No obstante, el índice glucémico depende de múltiples factores, incluyendo la estructura de la matriz alimentaria, el grado de transformación del almidón y las condiciones de procesamiento, los cuales pueden modificar la digestibilidad y generar variabilidad en los resultados (Manuzza, 2018).

El incremento del eGI en el chutney hidrolizado puede atribuirse a la acción de α -amilasa y amiloglucosidasa, que promueven la despolimerización del almidón y la formación de glucosa y oligosacáridos de bajo peso molecular. Esta modificación estructural incrementa la accesibilidad enzimática y acelera la cinética de liberación de glucosa, reflejándose en un aumento del área bajo la curva de hidrólisis (AUC) (Goñi et al., 1997).

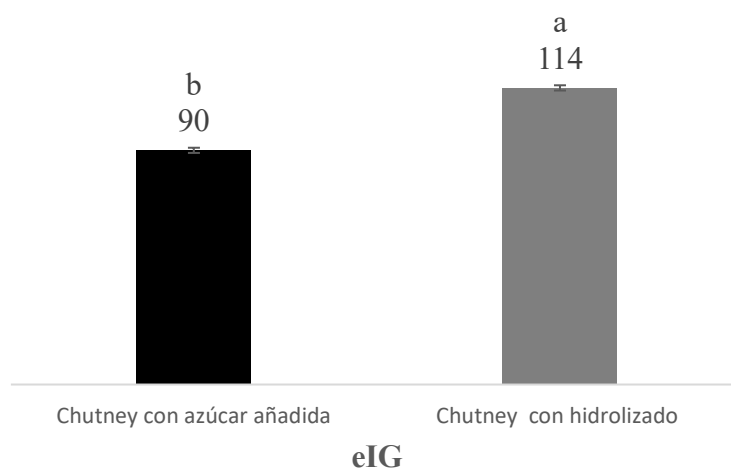


Figura 4: Índice glucémico estimado (eGI) de muestras de chutney con hidrolizado, con azúcar añadida y alimento de referencia.

3.4 Análisis sensorial

El análisis sensorial evidenció diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones evaluadas ($p < 0,05$), observándose una mayor aceptación del chutney elaborado con almidón hidrolizado (Figura 5). En términos relativos, este producto presentó una preferencia aproximadamente 15–20% superior en atributos como sabor y aceptación global en comparación con el chutney con azúcar, lo cual sugiere que la hidrólisis enzimática contribuye a intensificar el perfil sensorial, particularmente en dulzor y percepción de sabor. Este efecto puede atribuirse a la generación de azúcares reductores durante la hidrólisis del almidón, los cuales incrementan la percepción de dulzor y complejidad sensorial (Tester et al., 2004; Singh et al., 2003).

Adicionalmente, los cambios observados en color y textura durante el procesamiento térmico influyeron en la percepción de los panelistas, lo que evidencia la relación directa entre propiedades fisicoquímicas y aceptación sensorial. Se ha reportado que las reacciones de pardeamiento no enzimático y las modificaciones estructurales de la matriz

alimentaria afectan significativamente atributos como color, textura y sabor, impactando la preferencia del consumidor (Martins et al., 2000; Nursten, 2005).

El análisis sensorial constituye una herramienta fundamental para evaluar la calidad y aceptabilidad de productos como el chutney, ya que permite caracterizar atributos organolépticos críticos y predecir la respuesta del consumidor (Lawless & Heymann, 2010). En este contexto, estudios previos han demostrado que la aceptabilidad del chutney está estrechamente relacionada con sus características fisicoquímicas, particularmente el pH y la composición de sólidos solubles (Bonilla Goyes et al., 2024).

En el presente estudio, el pH se mantuvo dentro de un rango cercano a 4,3–4,5, sin diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$), lo cual coincide con valores reportados como óptimos tanto para la aceptabilidad sensorial como para la estabilidad microbiológica del producto (Jay et al., 2005). Asimismo, las variaciones en los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) y en la textura durante el tratamiento térmico reflejan cambios en la estructura de la matriz alimentaria, que influyen en la percepción sensorial final (Fennema, 2017).

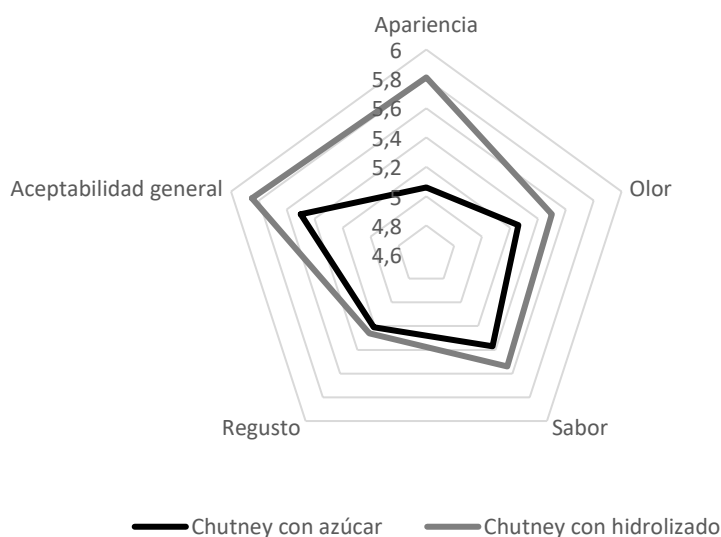


Figura 5. Resultados del análisis sensorial del panel de 100 personas

CAPÍTULO 4

Conclusiones

Se cumplió el objetivo de desarrollar un chutney agridulce no fermentado y sin azúcar añadida, empleando zapallo (*Cucurbita moschata Duchesne*) y yuca (*Manihot esculenta Crantz*) sometida a hidrólisis enzimática, así como de evaluar su impacto sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y el índice glucémico estimado. La hidrólisis enzimática se confirmó como una estrategia tecnológica eficaz para modificar la matriz del producto y mejorar su aceptación sensorial, manteniendo características fisicoquímicas comparables a las formulaciones tradicionales. No obstante, su efecto sobre la digestibilidad de los carbohidratos resalta la necesidad de optimizar el proceso en función del perfil nutricional deseado. En conjunto, el estudio demuestra el potencial de la aplicación de tecnologías enzimáticas para el desarrollo de productos alimentarios innovadores a partir de materias primas tradicionales.

Recomendaciones

Se recomienda optimizar las condiciones de hidrólisis enzimática (tipo de enzima, tiempo y grado de conversión) con el fin de modular la liberación de azúcares simples y reducir el índice glucémico del producto. Asimismo, se sugiere evaluar la incorporación de ingredientes funcionales, como fibra dietaria o compuestos fenólicos, que contribuyan a disminuir la digestibilidad del almidón y mejorar el perfil nutricional. Es pertinente validar los resultados mediante estudios *in vivo* para confirmar el comportamiento glucémico del producto, así como analizar su estabilidad durante el almacenamiento. Finalmente, se recomienda explorar la aplicación de esta tecnología en otras materias primas tradicionales para el desarrollo de productos con valor agregado.

Referencias

- Andreu, M. (2022). El rol de los fermentos en la sostenibilidad alimentaria. *Nutrición Hospitalaria*, 39(3), 56-59. doi:<https://dx.doi.org/10.20960/nh.04313>
- Atkinson, F. S., Foster-Powell, K., & Brand-Miller, J. C. (2008). *International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008*. **Diabetes Care**, 31(12), 2281–2283. <https://doi.org/10.2337/dc08-1239>
- Bernal, L. (2006). Una nueva visión de la degradación del almidón. *Revista del Centro de Investigación. Universidad La Salle*, 7(25), 77-90.
- Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry* (4th ed.). Springer.
- Bonilla Goyes, J. J. (2024). Elaboración de un aderezo tipo chutney a partir del cilantro (*Coriandrum sativum*) y menta (*Mentha piperita*). Universidad Nacional de Chimborazo.
- Carrera, J. (13 de Diciembre de 2018). *Allpa*. Obtenido de Allpa: <https://allpa.org/el-zapallo/>
- Castaño, H., Cardona, M., Mejía, C., & Acosta, A. (2011). producción de etanol a partir de harina de yuca en un sistema de hidrólisis enzimática y fermentación simultánea. *Dyna*, 78(169), 158-166.
- Cobana, M., & Antezana, R. (2007). proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. *Revista Boliviana de Química*, 78- 84.
- Estrella, E. (1998). *El pan de América*. Quito: Fundación para la Ciencia y la Tecnología-FUNDACYT,
- Fennema, O. R., Damodaran, S., & Parkin, K. L. (2017). Introduction to food chemistry. In *Fennema's food chemistry* (pp. 1-16). CRC Press.
- Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern Food Microbiology* (7th ed.). Springer..
- García Pacheco, Y. (2019). Elaboración y análisis sensorial de una salsa tipo chutney a base de mango (*mangifera indica* l.) de variedad manzano . *Revista GIPAMA*, 1(1), 97-103

- Goñi, I., García-Alonso, A., & Saura-Calixto, F. (1997). *A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index*. **Nutrition Research**, 17(3), 427–437. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(97\)00010-9](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(97)00010-9).
- Grisales, N. (2020). Influencia de las condiciones de almacenamiento sobre la calidad de Calabacín (*Cucurbita pepo* L.) en Antioquia – Colombia. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 21(1). doi:<https://www.redalyc.org/journal/813/81363356010/>
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices* (2nd ed.). Springer.
- Martins, S. I., Jongen, W. M., & Van Boekel, M. A. (2000). A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends in food science & technology*, 11(9-10), 364-373. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00022-X](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00022-X)
- Manuzza, G., & Brito, G. (2018). Índice glucémico y carga glucémica: su valor en el tratamiento y la prevención de las enfermedades crónicas no transmisibles. *SciELO Analytics*, 29 - 38.
- Nursten, H. E. (2005). *The Maillard reaction: chemistry, biochemistry, and implications*. Royal Society of Chemistry.
- OMS. (11 de Octubre de 2016). *Organizacion mundial de la Salud*. Obtenido de Organizacion mundial de la salud: <https://www.who.int/es/news/item/11-10-2016-who-urges-global-action-to-curtail-consumption-and-health-impacts-of-sugary-drinks>
- Rashwan, A., & Younis, H. (2024). Extracción, modificación y aplicaciones ecológicas del almidón vegetal: una revisión. *Research Gate*(22), 2483-2530. doi:10.1007/s10311-024-01753-z
- Rodriguez, J. (06 de Abril de 2013). *Maestria en Tecnologia de Alimentos*. Obtenido de Maestria en Tecnologia de alimentos.
- Rodriguez, R., Valdes, M., & Ortiz, S. (2018). Características agronómicas y calidad nutricional de los frutos y semillas de zapallo *Cucurbita* sp. *Revista colombiana de ciencia animal recia*, 10(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.24188/recia.v10.n1.2018.636>

- Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, N. S., & Gill, B. S. (2003). *Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources*. *Food Chemistry*, 81(2), 219–231. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00416-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00416-8)
- Sanhueza, C. (21 de Agosto de 2023). *Santo Tomas en linea*. Obtenido de Santo Tomas en linea: <https://enlinea.santotomas.cl/blog-expertos/sin-azucar-anadida/>
- Suarez, L., & Mederos, V. (2011). APUNTES SOBRE EL CULTIVO DE LA YUCA. *SciELO*, 32(3), 27-35. doi:0258-5936
- Srichuwong, S., Sunarti, T. C., Mishima, T., Isono, N., & Hisamatsu, M. (2005). *Starches from different botanical sources II: Contribution of starch structure to swelling and pasting properties*. *Carbohydrate Polymers*, 62(1), 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.07.003>
- Tester, R. F., Karkalas, J., & Qi, X. (2004). *Starch—composition, fine structure and architecture*. *Journal of Cereal Science*, 39(2), 151–165. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2003.12.001>
- Villaroel, P. (2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista chilena de nutrición*, 45(3), 271-278. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/s0717-7518201800040027>
- Zegarra, R., & Arevalo, N. (2012). El Zapallo de Planta (Cucurbita spp.), Especie Local Cultivada, en Vías de Extinción. *Ciencia & Desarrollo*, 12(14), 35 - 39. doi: <https://doi.org/10.33326/26176033.2012.14.299>