Universidad de Costa Rica
Facultad de Ciencias Agroalimentarias
Escuela de Tecnología de Alimentos

Trabajo Final de Graduación bajo la modalidad de Proyecto presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

Extracción y evaluación de fibra de dos variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes*) para su utilización como sustituto de grasa en un gel modelo cárnico

Elaborado por
Natalia Portilla Araya
A23895

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
San José, Costa Rica
2013

TRIBUNAL EXAMINADOR

M G.A. Yorleny Araya Quesada
Directora del proyecto

Licda. Eliana Mora Peraza
Asesora del proyecto

M.Sc Pedro Vargas Aguilar
Asesor del proyecto

M.Sc Alejandro Chacón
Presidente del tribunal examinador

M.Sc Alicia Hernández Peñaranda
Profesora designada

DEDICATORIA

A mi madre

Por su amor y dedicación

Por estar siempre a mi lado incondicionalmente

¡Gracias mami, Te amo!

RECONOCIMIENTOS

A la finca Los Diamantes del Ministerio de Agricultura y Ganadería, por proporcionar la materia prima utilizada para la realización de este proyecto, así como al personal que amablemente nos ayudó en la búsqueda e identificación de la materia prima.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, a mi madre, mi padre y mi hermana, por estar a mi lado durante todo este proceso, gracias por el apoyo en todo momento.

A Yorleny Araya, mi directora, quién me apoyó en el proyecto pese a todas las adversidades que se presentaban. Gracias por ser una líder en todo momento.

A mi comité asesor, don Pedro Vargas y doña Eliana Mora por su colaboración durante todo el proyecto.

A todo el personal docente y administrativo de la Escuela de Tecnología de Alimentos y del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, que en algún momento me ayudaron de forma muy profesional con cualquier cosa que necesité para el proyecto.

A todas las personas que de alguna manera me ayudaron a poder concluir este proyecto de forma exitosa. Gracias, Alejandra Murillo, Nataly Umaña, María Giutta, Christian Villalobos, Catalina Quesada, Pamela Canales.

Y un agradecimiento muy especial a mis compañeros y amigos que fueron los que estuvieron en las buenas y en las malas a mi lado, mi compañía durante todos estos años. Gracias Andrés, Andreita, Tebi M., Kranis, Pams, Maricruz, Lau, Dianis, CataQ, Tati, Pao, Lu, Su, Ari, Fede y Maní. Tequemes Repollos!!

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA ..... **ii**

RECONOCIMIENTOS ..... **iii**

AGRADECIMIENTOS ..... **iv**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **viii**

RESUMEN ..... **xii**

I. JUSTIFICACIÓN **1**

II. OBJETIVOS **5**

2.1 Objetivo general 5

2.2 Objetivos específicos 5

III. MARCO TEÓRICO **6**

3.1 Generalidades del pejibaye 6

3.1.1 Taxonomía 6

3.1.2 Condiciones climáticas y características físicas 7

3.1.3 Composición química del pejibaye 8

3.1.3.1 Carbohidratos *10*

3.1.3.2 Factores Antinutricionales del pejibaye *12*

3.1.4 Estado de la cuestión: pejibaye 15

3.2 Sustitutos de grasa en alimentos 17

3.2.1 Generalidades de los sustitutos de grasa 17

3.2.2 Materias primas cultivadas en Costa Rica utilizadas como sustitutos de grasa en alimentos 21

3.2.3 Sustitutos de grasa en producto cárnicos 22

3.3 Embutidos 23

IV. MATERIALES Y MÉTODOS **25**

4.1 Localización del proyecto 25

4.2 Materiales 25

4.3 Metodología 26

4.3.1.1 Obtención de un producto fibroso, seco y molido a partir del residuo fibroso de la extracción del almidón de dos variedades pejibaye (Bactris gasipaes) y caracterización por medio de un análisis proximal para determinar el contenido de humedad, proteína, grasa, carbohidratos, fibra, almidón, ceniza y tamaño de partícula. *26*

4.3.2 Determinación de la capacidad de retención de agua, capacidad de retención de grasa, material insoluble en alcohol, material insoluble en agua y alcohol y pectina hidrosoluble de la harina obtenida del residuo fibroso de la extracción del almidón de dos variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes*) para establecer los posibles grados de sustitución de grasa por el ingrediente de pejibaye. 29

4.3.3 Evaluación del efecto del porcentaje de adición de harina del residuo fibroso de la extracción del almidón de dos variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes*) para el establecimiento de los posibles grados de sustitución de grasa en un gel cárnico modelo 33

4.3.4 Diseño Experimental 35

4.3.5 Análisis de Resultados 36

4.3.6 Métodos de Análisis 36

4.3.6.1 Determinación de humedad *36*

4.3.6.2 Determinación de proteína *36*

4.3.6.3 Determinación de grasa *36*

4.3.6.4 Determinación de carbohidratos *37*

4.3.6.5 Determinación de fibra. *37*

4.3.6.6 Determinación de almidón *37*

4.3.6.7 Determinación de ceniza *37*

4.3.6.8 Determinación del tamaño de partícula *37*

4.3.6.9 Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA) *38*

4.3.6.10 Determinación de la capacidad de retención de grasa (CRG) *38*

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 39

5.1 Elaboración de un producto fibroso, seco y molido a partir de la extracción del almidón de dos variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes)* 39

5.2 Caracterización físicoquímica del producto fibroso, seco y molido de dos variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes)* 41

5.3 Evaluación de las propiedades funcionales del producto fibroso, seco y molido de dos variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes*) para el establecimiento de los posibles grados de sustitución de grasa por el ingrediente de pejibaye 49

5.4 Evaluación del porcentaje de adición del producto fibroso, seco y molido de dos variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes*) para el establecimiento de los posibles grados de sustitución de grasa en un gel modelo cárnico. 55

VI. CONCLUSIONES 65

VII. RECOMENDACIONES..... 66

VIII. BIBLIOGRAFÍA..... 67

IX. ANEXOS 79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujo de proceso para la obtención del residuo fibroso de pejibaye a partir de la extracción de almidón. 26

Figura 2. Flujo de proceso para determinar la capacidad de retención de agua de la harina de pejibaye. 29

Figura 3. Flujo de proceso para determinar la capacidad de retención de grasa de la harina de pejibaye. 31

Figura 4. Flujo de proceso para la determinación de MIA, MIAA y pectina hidrosoluble. 32

Figura 5. Flujo de proceso para elaborar el modelo cárnico. 34

Figura 6. Fracción de masa retenida en función del diámetro de partícula de dos variedades de pejibaye 48

Figura 7. Modelos cárnicos elaborados utilizando producto fibroso, seco y molido de pejibaye (a) Haciendo una sustitución del 3% (b) Utilizando producto fibroso, seco y molido al 0,5%. 56

Figura 8. Modelos cárnicos elaborados utilizando producto fibroso, seco y molido de pejibaye (a) Tomando en cuenta la mitad de la CRA del producto fibroso, seco y molido (b) Tomando en cuenta la cantidad de grasa que posee el producto fibroso, seco y molido. 58

Figura 9. Modelos cárnicos elaborados utilizando producto fibroso, seco y molido de pejibaye (a) Utilizando ácido ascórbico al 0,5% (b) Utilizando producto fibroso, seco y molido autoclavado (c) Utilizando metabisulfito al 0,3% (d) Utilizando metabisulfito al 0,5%. 59

Figura 10. Modelo cárnico elaborado utilizando harina de pejibaye completa 61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I. Composición química del pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K) provenientes de diferentes puntos geográficos. 9

Cuadro II. Equipos utilizados en la elaboración del producto fibroso, seco y molido a partir de pejibaye. 28

Cuadro III. Formulación del modelo cárnico aplicando los siete tratamientos propuestos. 33

Cuadro IV. Pruebas adicionales en el gel modelo para obtener la textura deseada en el producto final 35

Cuadro V. Rendimiento en la obtención del producto fibroso, seco y molido a partir de diferentes variedades de pejibaye. 40

Cuadro VI. Composición química del producto fibroso, seco y molido de dos variedades de pejibaye. 42

Cuadro VII. Datos estadísticos importantes del análisis químico del producto fibroso seco y molido. 46

Cuadro VIII. Propiedades funcionales del producto fibroso seco y molido de dos variedades de pejibaye para determinar su funcionalidad como sustituto de grasa: material insoluble en agua (MIA), material insoluble en agua y alcohol (MIAA), pectina hidrosoluble y almidón y proteína encontrados en la fracción de MIAA. 49

Cuadro IX. Valores de MIA para diferentes matrices alimentarias. 50

Cuadro X. Valores de capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de retención de grasa (CRG) para dos variedades de pejibaye. 53

Cuadro XI. Capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de retención de grasa (CRG) de distintas fibras comercializadas en el país. 54

Cuadro XII. Potencia asociada a la prueba de las propiedades funcionales del producto fibroso seco y molido de pejibaye para determinar su funcionalidad como sustituto de grasa: CRA, CRG, MIA, MIAA, almidón de MIAA y proteína de MIAA..... 55

Cuadro XIII. Masa del pejibaye en distintos puntos del procesamiento desde el fruto completo hasta la obtención del residuo fibroso, seco y molido. 79

Cuadro XIV. Datos obtenidos para el análisis de partícula del producto fibroso, seco y molido para la variedad Yurimagua..... 79

Cuadro XV. Datos obtenidos para el análisis de partícula del producto fibroso, seco y molido para el Lote 1 de la variedad Guatuso..... 80

Cuadro XVI. Datos obtenidos para el análisis de partícula del producto fibroso, seco y molido para el Lote 2 de la variedad Guatuso..... 80

Cuadro XVII. Tamaño de partículas mayoritarias para el residuo fibroso, seco y molido de dos variedades de pejibaye utilizadas. 80

Cuadro XVIII. Humedad del producto fibroso seco y molido para dos variedades de pejibaye..... 81

Cuadro XIX. Grasa del producto fibroso seco y molido para dos variedades de pejibaye. 81

Cuadro XX. Cenizas del producto fibroso seco y molido para dos variedades de pejibaye..... 82

Cuadro XXI. Proteína del producto fibroso seco y molido para dos variedades de pejibaye. 82

Cuadro XXII. Almidón del producto fibroso seco y molido para dos variedades de pejibaye. 83

Cuadro XXIII. Carbohidratos del producto fibroso seco y molido para dos variedades de pejibaye.83

Cuadro XXIV. Fracciones de MIA y MIAA del producto fibroso seco y molido para dos variedades de pejibaye..... 83

Cuadro XXV. Cantidad de proteína y almidón encontrados en la fracción de MIAA del producto fibroso seco y molido para dos variedades de pejibaye. 84

Cuadro XXVI. Contenido de amilosa y amilopectina del pejibaye fresco. 84

ABREVIATURAS

%: porcentaje

±: más menos

>: mayor que

<: menor que

°C: grados Celsius

b.s.: base seca

b.h.: base húmeda

cm: centímetros

CRA: capacidad de retención de agua

CRG: capacidad de retención de grasa

CHO: carbohidratos

g: gramos

h: horas

kg: kilogramos

L: litros

mg: miligramos

mL: mililitros

mm: milímetros

p: probabilidad asociada

pH: grado de acidez

plg: pulgadas

ANDEVA: Análisis de Varianza

m/s: Metros/segundo

cm: centímetros

Cn: Concentración

CITA: Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos

FAN: Factores Antinutricionales

g: gramos

s: Segundos

T_{amb}: Temperatura ambiente

T: Temperatura

t : Tiempo

USDA: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

MAG: Ministerios de Agricultura y Ganadería

MEIC: Ministerio de Economía Industria y Comercio

mL: Mililitros

min: Minutos

m.s.n.m.: Metros sobre el nivel del mar

FAO: Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

MIA: Material Insoluble en agua

MIAA: Material Insoluble en Agua y Alcohol

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

RESUMEN

Portilla Araya, Natalia

Extracción y evaluación de fibra de dos variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes*) para su utilización como sustituto de grasa en un gel modelo cárnico

Tesis Ingeniería de Alimentos. San José, CR:
N. Portilla A., 2014.
p.: 10 il. – 100 refs.

Se evaluó un producto fibroso, seco y molido obtenido de la extracción del almidón de dos variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes*) para utilizarla como fuente de fibra y sustituto de grasa animal en un gel modelo cárnico.

Para esto se seleccionaron dos variedades de pejibaye de la zona de Guápiles, específicamente de la finca Los Diamantes del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Se obtuvo el producto final a partir de la extracción del almidón de las dos variedades de pejibaye y se caracterizó por medio de un análisis proximal para determinar el contenido de humedad, proteína, grasa, carbohidratos, fibra, almidón, ceniza y tamaño de partícula. Se determinó además MIA, MIAA, tamaño de partícula, capacidad de retención de agua (CRA) y grasa (CRG) del producto fibroso, seco y molido obtenido de la extracción del almidón para establecer los posibles grados de sustitución de grasa por el ingrediente de pejibaye en un gel modelo cárnico.

No se observaron diferencias significativas entre las variedades analizadas para los análisis de humedad, grasa, proteína, cenizas, almidón, carbohidratos, tamaño de partícula, MIA, MIAA, CRA y CRG. En promedio los contenidos encontraros en promedio fueron 5,3 ± 0,8%; 12,0 ± 5,3%; 3,8 ± 0,6%; 0,7 ± 0,1%; 64,5 ± 10,9%; 82,2 ± 8,6; 1,341mm, 85,5 ± 9,6g/100g producto; 98,9 ± 3,5 g/100g producto; 4,3 ± 0,4 g/100g b.s. y 1,1 ± 0,2 g/100g b.s. respectivamente. Se encontró una diferencia significativa en el contenido de pectina hidrosoluble, se obtuvieron valores de 6,2 ± 1,8% y 21,1 ± 3,1 para Yurimagua y Guatuso respectivamente.

Al evaluar el efecto de la adición de diferentes porcentajes del residuo fibroso, seco y molido no se obtuvo la textura deseada del producto final con ninguna de las formulaciones planteadas al inicio de la investigación. Se procedió a realizar distintas pruebas considerando todos los factores que

pudieran afectar. La textura deseada fue obtenida al realizar el gel modelo cárnico utilizando harina de pejibaye sin haberle extraído el almidón.

La variabilidad del pejibaye en ambas variedades se demostró al analizar los resultados obtenidos en los análisis e incluso en las repeticiones para cada variedad.

El producto fibroso obtenido no produce la textura deseada al adicionarla al gel modelo cárnico. La evidencia señala que existe algún factor que interfiere con la obtención de la textura deseada que debe ser estudiada con más detalle.

Los resultados obtenidos de las características funcionales del producto en cuestión para evaluar su funcionalidad como sustituto de grasa (CRA, CRG, MIA, MIAA) mostraron que tiene cualidades que lo clasifican como un potencial sustituto de grasa, además los resultados sugieren que se cuenta con un producto alto en fibra debido a todos los componentes presentes en estos materiales como lo son la celulosa, hemicelulosa y la lignina. Po lo que se sugiere evaluar la funcionalidad de este producto en otras matrices alimentarias.

I. JUSTIFICACIÓN

En Costa Rica la producción y el consumo de carne tienen un papel muy importante, según el Ministerio de Agricultura y Ganadería para el año 2010 la producción de ganado vacuno fue de 97 486 toneladas métricas, mientras que la producción en porcicultura fue de 53 569 toneladas métricas. Esta carne es usada para el consumo en cortes frescos y para la elaboración de alimentos procesados cárnicos, los cuales son primordialmente embutidos y cuya producción anual alcanza aproximadamente las 33 000 toneladas (MAG, 2012).

Los embutidos son elaborados a partir de diferentes tipos de carne, entre estas se encuentra la carne de pollo. Dentro de las razones principales por las que esta carne es utilizada están la gran habilidad de adaptación del pollo de engorde, su costo, rápido crecimiento y tiempo de generación. Estas características han hecho posible el desarrollo industrial necesario para satisfacer la creciente demanda (García, 1993).

El consumo de alimentos cárnicos es muy común en la dieta costarricense, y ésta incrementa con el ingreso monetario del consumidor, quien, para realizar su compra, se basa en las características sensoriales del producto tales como sabor y apariencia (color y aroma) (Jiménez, 2011).

En el año 2011 se realizó un estudio de mercado para hacer una comparación sobre la percepción de los consumidores de San Carlos y el Gran Área Metropolitana en relación con los embutidos. Los resultados del estudio arrojaron que la mayor parte de los encuestados opina que la calidad de los embutidos que consumen es buena y consideran que su precio es accesible. Sin embargo, consideran que el valor nutricional de los embutidos es regular, que tienen un efecto negativo en la salud. Por esta razón, los participantes desearían que los embutidos tuvieran menos grasa y existiera un control de las materias primas y de los procesos de elaboración (Jiménez, 2011).

La carne es uno de los mayores componentes en la dieta de los países desarrollados y algunos estudios han sugerido que el consumo en exceso se relaciona con la posible aparición de ciertas enfermedades. La grasa, los ácidos grasos, el colesterol, los ácidos grasos saturados también están asociados específicamente con enfermedades como obesidad o cánceres. Por estas razones, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) recomendó la

reducción de grasa en la dieta a raíz del aumento en la obesidad y los riesgos asociados para la salud (Brewer, 2012).

La industria cárnica ha respondido a esta demanda ofreciendo una variedad de carnes y de derivados bajos en grasa con buen sabor que están disponibles hoy en día gracias al aumento del uso de uno o más sustitutos de grasa bajos en calorías (Tokusoglu & Kemal, 2003).

De acuerdo a la norma de embutidos en Costa Rica, en los productos cárnicos tales como salchicha, salchichón y mortadela, se permite la utilización de hasta un 25% de grasa, ya sea animal o vegetal; en el chorizo se permite hasta un 40% de este componente (MEIC-MAG, 2009). El hecho de que estos productos contengan un alto contenido de grasa es el que motiva a encontrar sustitutos de ésta o utilizar grasa de origen vegetal.

En relación con la grasa, ésta tiene un efecto básico en varias características fisicoquímicas y sensoriales como el sabor, la sensación bucal, jugosidad, textura, masticabilidad, transferencia de calor, entre otros (Tokusoglu & Kemal, 2003; Pearson & Gillett, 1999).

Para obtener un producto reducido en grasa, actualmente se usan reformulaciones en donde se sustituyen las grasas por componentes basados en carbohidratos y otros lípidos análogos. Entre ellos se encuentran las gomas, inulina, maltodextrinas, harina de avena hidrolizada, almidones y fibra (Tokusoglu & Kemal, 2003).

El uso de fibra como sustituto en productos alimentarios tiene grandes ventajas, por ejemplo, las fibras de cereales que contienen una gran proporción de fibra insoluble tienen ventajas fisiológicas tales como el mecanismo de mordida y la estimulación del funcionamiento del intestino en el período de tránsito de la comida. Además de estas propiedades fisiológicas, las fibras de cereal que consisten principalmente en celulosa tienen propiedades tecnológicas ventajosas como una alta retención de agua y capacidad de ligar grasa; ambas son características óptimas para lograr altos rendimientos y reducir costos (Borderias *et al*., 2007).

Un sustituto viable de grasa en embutidos en la categoría de “sustitutos basados en carbohidratos” podría ser un derivado del pejibaye. La palma de pejibaye abasteció de diferentes productos alimenticios a muchas comunidades precolombinas en Centro y Sur América, y su

importancia fue atribuida al valor nutricional de la fruta y a la variedad de productos que esta proveía (Mora-Urpí *et al*., 1997).

El potencial nutricional del pejibaye es extremadamente alto; típicamente se puede encontrar en las variedades de Costa Rica un 55,8% de humedad; 5,0% de proteína; 12,6% de grasa; 78,0% de carbohidratos; 2,8% de fibra y 1,6% de cenizas (Mora-Urpí *et al*., 1997).

El pejibaye (*Bactris gasipaes*) fue adoptado como una cosecha frutal por los primeros amazonios en el sistema agroforestal tradicional; sin embargo, en cuanto a investigación y el desarrollo, a la fecha, la industria no ha logrado transformar el fruto en una historia exitosa. El área de investigación y desarrollo se ha enfocado en producción de la fruta más que en la transformación y comercialización del producto, dejando vacíos en la cadena de producción-consumo (Clement *et al*., 2004).

En Costa Rica hay cerca de 1500 hectáreas plantadas de pejibaye a lo largo de las tierras bajas de Atlántico y del Pacífico. Durante las últimas dos décadas la producción del fruto se ha expandido a todos los rincones del país y la cosecha fresca está disponible a lo largo de todo el año; otra ventaja de esto es que el precio se mantiene constante durante todo el año en el mercado central de San José (Clement *et al*., 2004).

Uno de los retos con el pejibaye lo constituye la industrialización del mismo, y considerando que podría ser aprovechado para extraer almidón, en este proceso se generaría un subproducto fibroso el cual podría tener beneficios tanto tecnológicos para la industria como para la salud del consumidor. Se ha observado además que la sustitución de grasa en los embutidos es un tema de interés y dados los beneficios en cuanto a rendimientos y costos, y la abundancia de cultivos, propiedades nutricionales y funcionales del pejibaye. Y es de aquí que nace la idea de usar un subproducto fibroso y convertirlo en un sustituto de grasa para embutidos cárnicos, siendo el pejibaye una alternativa viable para desarrollar productos más saludables de consumo diario en la dieta costarricense.

El pejibaye ha sido utilizado en varios productos de consumo diario como una opción para ampliar las opciones del consumidor y para aprovechar los beneficios de esta fruta. Se han elaborado

productos tales como puré de pejibaye, cajetas, galletas y pan de pejibaye, pasta, snacks, entre otros (Brenes, 2010; Wattson, 2010; De Oliviera *et al*., 2006; Ivankovich *et al*., 2010).

Sin embargo, hasta el día de hoy no existe ninguna evidencia del uso del pejibaye como sustituto de grasa o como ingrediente para elaborar alguna clase de embutido, por lo que este proyecto es pionero en este campo y marcaría un precedente para futuras investigaciones.

Para estudiar los efectos de la fibra de pejibaye como sustituto de grasa, se elaborará un gel cárnico modelo, pues las propiedades de formación de gel de las proteínas del músculo son las propiedades funcionales de mayor importancia en los productos cárnicos procesados. Por lo tanto, es importante estudiar de qué manera afectará el adicionar fibra de pejibaye cómo un posible sustituto de grasa. Cheon-Jei *et al*. (2011) estudiaron los efectos de preparar geles modelos adicionando fibra de arroz y efectivamente esto tiene repercusiones en el comportamiento del gel con respecto al pH, color y otras características estudiadas. Por estas razones de de suma importancia estudiar la adición de fibra de pejibaye a estos modelos y observar su comportamiento.

Este trabajo se relaciona con el proyecto inscrito “Evaluación de materias primas ricas en fibra para sustitución de grasa en productos cárnicos”, con el código 735-B2-058. Además, la obtención del residuo fibroso de pejibaye para realizar los ensayos fueron obtenidos a partir de los residuos de la extracción de almidón de pejibaye del proyecto “Aprovechamiento de materias primas costarricenses como fuente alternativa de producción de almidones para uso en la industria de alimentos”, con el código 735-B2-070. Se lograría así un completo aprovechamiento del pejibaye, que en caso de industrializarse generaría un mayor beneficio económico para los productores.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar un producto fibroso, seco y molido obtenido de la extracción del almidón de dos variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes*) para ser utilizado como fuente de fibra y sustituto de grasa animal en un gel cárnico modelo.

2.2 Objetivos específicos

2.2.1 Obtener un producto fibroso, seco y molido a partir de la extracción del almidón de dos variedades pejibaye (*Bactris gasipaes*) y caracterizarlo por medio de un análisis proximal para determinar el contenido de humedad, proteína, grasa, carbohidratos, fibra, almidón, ceniza y tamaño de partícula.

2.2.2 Determinar la capacidad de retención de agua y grasa del producto fibroso, seco y molido obtenido de la extracción del almidón de dos variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes*) para establecer los posibles grados de sustitución de grasa por el ingrediente de pejibaye en un gel modelo cárnico.

2.2.3 Evaluar el efecto del porcentaje de adición del producto fibroso, seco y molido de la extracción del almidón de dos variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes*) para el establecimiento de los posibles grados de sustitución de grasa en un gel modelo cárnico.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Generalidades del pejibaye

El pejibaye (*Bactris gasipaes*) fue una cosecha importante para muchas comunidades nativas en el neotrópico. Los nativos de esta región domesticaron la palma de pejibaye y la distribuyeron por toda la parte del Amazonas, los Andes y la región de América Central produciendo en el proceso una gran variedad genética. Su distribución natural se extiende entre Panamá y el oriente de la cuenca amazónica hasta Bolivia, las formas cultivadas suben hasta Honduras y se distribuyen por toda la cuenca amazónica y el Orinoco (Mora-Urpí, *et al*., 1997; Fernández *et al.*, 1995).

Dentro de las razones más relevantes para aprovechar este cultivo se encuentran, la facilidad para cultivarlo en el sistema agroforestal de la zona, su productividad en suelos infértiles, su adaptabilidad a distintas formas de preparación nutritivas; además, no solo su fruto es comestible, sino otras de sus partes, por ejemplo de la planta se saca el palmito que también es altamente comercializado en el país (Mora-Urpí, *et al*., 1997).

A pesar del aprovechamiento del pejibaye en épocas precolombinas, la ausencia de métodos de conservación provoca importantes pérdidas poscosecha del fruto y dificultan el desarrollo socioeconómico en las zonas productoras (Blanco *et al*., 1992).

3.1.1 Taxonomía

El origen taxonómico *Guilielma* incluye las especies de pejibaye silvestre y es uno de los más antiguos del género *Bactris*. Inicialmente este cultivo se encontraba solo en Suramérica, los *Bactris*, tiempo después empezaron a migrar hacia el norte del continente por medio de Centroamérica. De esta manera los *Guilielma* quedan distribuidos en un gran territorio constituido por las regiones del Pacífico Norte de Suramérica (Ecuador y Colombia) y del Caribe (Colombia y Venezuela); por la cuenca alta del Amazonas (Bolivia, Brasil, Perú, Ecuador y Colombia); y por la baja Centroamérica (Panamá, Costa Rica y Nicaragua) (Mora & Gainza, 1999).

El “ancestro prehistórico” del grupo taxonómico *Guilielma*, oriundo de Suramérica, inició su diversificación antes de que la cordillera de los Andes alcanzara una altura que la convirtió en una barrera inaccesible para la palmera de pejibaye. Su distribución se extendió entonces a través de

Los Andes, en la parte alta de la cuenca amazónica entre Bolivia y Colombia; de allí llagó también a Centroamérica. Las poblaciones silvestres de esta palmera, separadas reproductivamente, se diferencian en una cadena de especies hermanas que, cuando aparece el hombre, son domesticadas independientemente. Posteriormente entran en contacto y se da la síntesis de sus genotipos en el pejibaye cultivado (*Bactris gasipaes* Kunth) (Mora & Gainza, 1999).

3.1.2 Condiciones climáticas y características físicas

En Costa Rica, la palmera de pejibaye crece en varias regiones como lo son Upala, Los Chiles, San Carlos, Río Frío, Sarapiquí, Pococí, Siquirres, Guápiles, Batán, Talamanca, Turrialba, Tucurrique, Coto Brus, Corredores, San Isidro del General, Buenos Aires y Parrita, pues en estas regiones es donde se presentan las condiciones más adecuadas para su desarrollo (Rojas, 2010).

El pejibaye requiere de un clima tropical. La palma se desarrolla a alturas de van desde 0 a 800 m.s.n.m.; por encima de esta altura su crecimiento se torna lento y baja su rendimiento. Las condiciones de temperatura para su desarrollo oscilan entre 18 y 24°C con una precipitación de 1000-4000 mm de agua (Rojas, 2010). La palma crece rápidamente y llega a medir hasta 13 metros en 10 o 15 años; en altitudes bajas empieza a producir entre los 6 y los 8 años, en las regiones templadas la producción no empieza sino hasta que la planta tiene de 10 a 12 años. La vida productiva de la palma de pejibaye es de 50 a 75 años (Morton, 1987).

En Costa Rica, la palmera de pejibaye crece en prácticamente todas las condiciones climáticas, se favorece en ciertas condiciones como lo son los lugares con una elevación de 200 a 700 m.s.n.m., puede crecer además con lluvia durante todos los meses del año, pH de los suelos desde 4,0 hasta 6,0. Inicia la producción en el Pacífico Sur (Corredores) en el mes de mayo a junio y terminando en Tucurrique en el mes de noviembre (Rojas, 2010).

Con respecto a la palmera de pejibaye en sí, las ramas pueden empezar a crecer a los 20-30 metros de altura y el número de racimos varía generalmente entre 10 y 25, pero pueden llegar a producir hasta un número mayor a 35 racimos (Rojas, 2010; Mora-Urpí, *et al*., 1997).

Por la compleja taxonomía del pejibaye, los frutos del pejibaye varían de color, tamaño y calidad entre palmas. Por lo general el fruto joven es de un color verdoso y al madurar el color varía desde verduzco hasta rojo pasando por tonalidades amarillas y anaranjadas. Además la forma y el peso

del fruto varían inclusive dentro de la misma variedad. Generalmente es una fruta con semilla; sin embargo, en algunas ocasiones se pueden encontrar frutos sin semilla. Tanta es la variabilidad del pejibaye que inclusive dentro de un mismo racimo se encuentran ejemplares con tamaños, formas y colores diferentes (Rojas, 2010; Mora-Urpí, *et al*., 1997).

3.1.3 Composición química del pejibaye

Además de las ventajas del pejibaye como cultivo que se explicaron en la sección anterior. El pejibaye es ampliamente valorado por su composición nutricional. El pejibaye está siendo redescubierto, con prometedores beneficios tanto a nivel nutricional como comercial (Mora-Urpí, *et al*., 1997).

La composición química del pejibaye es una de las áreas más estudiadas por los investigadores en este campo, pues su gran variabilidad y alto valor nutricional promueven conocer esta información (Alfaro, 1988).

La información bibliográfica en cuanto a la composición del pejibaye es abundante, debido a la parte del pejibaye analizada así como a la gran cantidad de variedades que existen de la fruta en cuestión. La información más completa y actualizada acerca de la composición del pejibaye se encontró en el estudio de Rojas, 2010, quien compila los resultados de varios autores. A continuación se presenta el Cuadro I referente a la composición del pejibaye presentado en dicho trabajo.

Cuadro I. Composición química del pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K) provenientes de diferentes puntos geográficos.

Componente nutricional	Contenido
Humedad (%)	36,0 - 76,4
Proteína (%)	0,37 - 7,1
Grasa (%)	1,6 - 9,4
Carbohidratos (%)	34,5 – 83,4
Almidón (%)	64,9 – 82,1
Fibra cruda (%)	0,8 – 2,6
Fibra dietética (%)	12,2 -20,8
Cenizas (%)	3,2 – 4,4
Valor energético (kcal/100 b.s.)	196 – 459

Fuente: Rojas, 2010; Blanco *et al.* (1990); Baracaldo (1980); Morton (1987); Murillo y Kronenberg (1983); Sánchez (1981); Gallardo y Sierra (1980); Blaak (1976); Hammond y Wenchi (1982); Clement, 1995; Pérez *et al.* (2006).

Varios autores han estudiado la composición del pejibaye y llegado a la conclusión de que el aporte nutricional de esta fruta es importante, tanto así que se dice que es muy probable que el pejibaye sea la más balanceada de las frutas tropicales, pues aporta carbohidratos, proteína, grasa, minerales y vitaminas (Tracy, 1985). Además, se ha determinado que éste representa una fuente de carotenoides, siendo importante fuente de vitamina A. Además este fruto contiene pequeñas cantidades de tiamina, niacina, riboflavina y vitamina C (Gómez, 1997).

Además de los aportes de los grupos nutricionales básicos el pejibaye es una fuente importante de vitamina C y precursores de vitamina A. Este, dependiendo del tamaño y la variedad puede suplir desde un 15 hasta un 100% de las necesidades diarias de vitamina A y C de un adulto. Además de esto, el pejibaye es bajo en azúcares simples y por ser de origen vegetal no contiene colesterol (Fernández-Piedra *et al*., 1997).

El mesocarpio del pejibaye es altamente calórico con un nivel de fibra muy alto. A pesar de su bajo contenido de proteína este contiene todos los aminoácidos esenciales, lo que sugiere que el pejibaye debería ser utilizado más frecuentemente en la dieta (Yuyama *et al*., 2003).

3.1.3.1 Carbohidratos

Los carbohidratos son los compuestos orgánicos más abundantes y ampliamente distribuidos en la naturaleza. Estos son un componente básico de la dieta y la fuente más importante de energía para los seres vivos. Dentro de las funciones de los carbohidratos se tiene que son agentes endulzantes, gelificantes, agentes formadores de pastas y espezantes así como también estabilizantes, precursores del aroma o bien hasta colorantes en algunos casos (Belitz & Grosch, 1997; Rojas 2010).

Como se puede observar en el Cuadro I el pejibaye tiene un alto contenido de carbohidratos, varía desde 34,5 hasta 83,4% dependiendo de la variedad analizada por los distintos autores. Los carbohidratos pertenecen al grupo de los nutrientes básicos, que siempre tendrán una importancia decisiva en el conjunto de la alimentación (Belitz & Grosch, 1997).

Los carbohidratos son clasificados de diferentes maneras, su clasificación puede ser química, por sus efectos fisiológicos o incluso por sus efectos en la salud. Químicamente la clasificación más general que se le atribuye a los carbohidratos se divide en tres grupos, azúcares (monosacáridos, disacáridos, polioles), oligosacáridos y polisacáridos (almidón, polisacáridos no amiláceos). Otra de las clasificaciones que se le atribuye a las carbohidratos es la fisiológica, o también llamada metabólica-nutricional que los divide en carbohidratos digeribles (azúcares, almidón disponible, glucógeno) y no digeribles (almidón resistente, celulosa, hemicelulosa, pectina, lignina) (Blanco, *et al*., 2006; Rojas, 2010).

Uno de los componentes importantes de los carbohidratos es la fibra. Como se mencionó la fibra dietética es un componente no digerible y está conformada por la suma de la fracciones de fibra soluble e insoluble que tienen diferentes funciones fisiológicas y se define como un grupo de compuestos provenientes de las plantas que no pueden ser digeridas por las enzimas digestivas de los seres humanos (Spiller, 2001).

La fibra dietética está presente en los alimentos de origen vegetal: cereales, leguminosas, frutas, verduras, nueces y semillas de oleaginosas. El porcentaje de fibra presente en el alimento puede variar de acuerdo a factores intrínsecos y extrínsecos de los alimentos (Pak, 2000). En el caso del

pejibaye, el Cuadro 1 muestra valores de fibra dietética bastante variables, desde 12,2 hasta 20,8%.

El consumo de fibra dietética lleva acompañados varios beneficios a la salud, debido a sus propiedades fisicoquímicas la fibra interviene mejorando procesos metabólicos en el organismo. Dentro de los beneficios de consumo de fibra se encuentran, la prevención de la constipación, se disminuye el riesgo de sufrir enfermedades cardíacas y cáncer de colon, regulación de los niveles de glucosa en la sangre reduciendo los niveles de colesterol, se reduce el riesgo de diabetes tipo 2 y aumenta la absorción de minerales (Canales, 2013; Yoon *et al*., 2005).

Dentro de los polisacáridos no digeribles se encuentran también cuatro compuestos de gran interés como lo son la celulosa, hemicelulosa, pectina, lignina y almidón resistente. A continuación se detalla cada uno de estos componentes.

La celulosa es el biopolímero más abundante del planeta y el componente principal de las paredes celulares, donde se encuentra asociada a hemicelulosa, pectina y lignina. Es un polisacárido que no es afectado por las enzimas digestivas. Su estructura comprende largas cadenas de glucosa unidas por enlaces β-1,4 glucosídicos. La celulosa nativa tiene un gran tamaño molecular. Según su procedencia posee grados de polimerización comprendidos entre 1000 y 14000. Por su peso molecular y su estructura, la celulosa es insoluble en agua (Cosgrove, 1997; Rojas, 2010; Belitz & Grosch, 1997).

Por su parte, dentro de las hemicelulosas se incluyen las sustancias que rellenan los espacios que se encuentran entre la celulosa y las paredes celulares de los vegetales. Las más abundantes y más estudiadas hemicelulosas son los xiloglucanos, un polímero que posee una cadena de residuos de β-D glicopiranosas unidas en los carbonos 1,4 con cortas cadenas a los lados que contienen xilosa, galactosa y generalmente fucosa (Cosgrove, 1997).

Otro polímero importante del pejibaye lo constituye la pectina, pues esta es en parte responsable de la capacidad que tienen estos productos de ligar agua. La pectina al igual que la hemicelulosa también está constituida por un grupo heterogéneo de polisacáridos. Las pectinas están formadas por restos de ácido α-D-galacturónico unidos por enlaces 1,4. La cadena principal contiene

numerosos restos de L-rammosa, además se pueden encontrar D-galactanos, L-arabinanos y arabinogalactanos unidos por un enlace covalente al galacturonano (Belitz & Grosch, 1997; Cosgrove, 1997).

Otro de los aspectos beneficiosos del pejibaye es el contenido de almidón que posee. Como el pejibaye es un fruto rico en almidón este puede ser utilizado como cereal. El contenido de almidón en el pejibaye, como se observa en el Cuadro I, va desde 64,9 hasta 82,1% del fruto, convirtiéndolo en una opción para elaborar productos o acompañar comidas (Blanco, *et al*., 1992).

Primeramente se va a definir almidón como la fuente más importante de carbohidratos de la alimentación humana al que se le conoce como carbohidrato de reserva. Al igual que la celulosa el almidón es un poliglucósido, pero en contraste con la celulosa está constituido por restos de glucosa unidos por enlaces α-glucosídicos (Belitz & Grosch, 1997;

Por otro lado, se encuentra el alimidón resistente que es parte de la fibra y se define como el almidón que no es digerido por las enzimas digestivas y alcanza el colon, actuando de la misma manera que la fibra (Spiller, 2001).

3.1.3.2 Factores Antinutricionales del pejibaye

Dentro de los componentes del fruto de pejibaye también se pueden encontrar ciertas sustancias que no son igual de beneficiosas como las mencionadas anteriormente. Se encuentran en el fruto los factores antinutricionales (FAN), los cuales son sustancias no fibrosas que al ser ingeridas en un fruto sin previa cocción pueden interferir con la utilización de los nutrientes, afectando el crecimiento y la salud de quienes lo consumen. Estas sustancias pueden inhibir enzimas digestivas, dañar la mucosa intestinal o modificar los nutrientes de tal manera que se impide su absorción (Porras, 1998; Murillo & Kronenberg, 1983).

Los FAN son un grupo de compuestos entre los cuales se puede encontrar las lectinas, los inhibidores enzimáticos de tripsina, quimiotripsina, amilasa, así como polifenoles, saponinas y el ácido oxálico. Los FAN están ampliamente distribuidos en los alimentos de origen vegetal como: lentejas, frijoles, arvejas, sorgo, soya, pejibaye, entre otros (Porras, 1998).

Dos de los grupos más importantes dentro de los FAN son las lectinas e inhibidores enzimáticos, presentes en muchos alimentos de origen vegetal, se identifican como FAN que ocasionan, en algunas circunstancias, serias implicaciones a la salud de los individuos o animales (Huissman, 1992; Ryan, 1981). Estas sustancias pueden inhibir enzimas digestivas, dañar la mucosa intestinal o modificar los nutrientes obstaculizando de esta manera su absorción (Alfaro, 1988; Figueroa, 1984; Gómez *et al*., 1998a).

Las lectinas son uno de los principales grupos que conciernen los FAN, estas se definen como proteínas o glicoproteínas que se caracterizan por su habilidad de unir carbohidratos específica e irreversiblemente sin alterar su estructura covalente. Se dice que el efecto tóxico de las lectinas sucede cuando son suministradas en forma oral, debido a que participan en el proceso de bloqueo de absorción de nutrientes por la mucosa intestinal (Porras, 1998; Gómez et al., 1998a)

Su efecto primario como FAN se relaciona con el hecho de que se unen a la mucosa de la pared intestinal, y alteran su capacidad de absorber nutrientes. Las lectinas han sido implicadas en efectos tóxicos y en la disminución en la tasa de crecimiento observada al alimentar animales de laboratorio con plantas o semillas comestibles que contienen lectina cruda (Gómez *et al*., 1998b; Gómez *et al*., 1998a; Figueroa, 1984).

Por otra parte están los inhibidores de tripsina, su estructura se compone de polipéptidos o proteínas capaces de inhibir la acción catalítica de esta enzima. Se ha reportado que los inhibidores de tripsina disminuyen el crecimiento en los animales, pueden disminuir la digestión y absorción de nutrientes, afectan el crecimiento y desarrollo de animales, y ocasionan además intoxicaciones agudas y algunas veces la muerte (Figueroa *et al*., 1984; Gómez *et al*., 1998a; Martínez et al. 1984; Gómez *et al*., 1998b).

Es importante evidenciar la presencia de FAN en el pejibaye pues producen efectos adversos en los animales alimentados con harina de pejibaye crudo, efecto que se elimina al someter el fruto de pejibaye a altas temperaturas por períodos prolongados. Las condiciones adecuadas para llevar a cabo esta operación de desactivación de los FAN es de 15 minutos a una temperatura de ebullición o bien la cocción a 115°C por 5 minutos (Alfaro, 1988; Gómez *et al*., 1998a; Murillo *et al*., 1991; Ugalde, 2002).

Murillo menciona en su documento que se realizó un estudio en donde comparó la ganancia de peso y conversión alimenticia de una dieta con harina de pejibaye autoclavada y una dieta control que contenía harina de pejibaye sin ningún tratamiento térmico; demostrando resultados positivos en los animales que consumieron la harina tratada térmicamente, esto posiblemente debido a una mejor utilización de la proteína y de la energía de la dieta (Murillo *et al.,* 1983; Gómez *et al*., 1998a; Figueroa, 1984).

En 1986 Murillo & Zumbado, llevaron a cabo un estudio en donde ratas de laboratorio fueron alimentadas con harina de pejibaye con y sin tratamiento térmico. El tratamiento térmico se basó en un secado a 60°C y luego ésta se autoclavó a 125°C por una hora. La harina de pejibaye tratada térmicamente mostró en los animales mejores resultados en cuanto a ganancia de peso, y conversión alimenticia.

Además de la inactivación de los FAN con un tratamiento térmico, se evidencia en varios estudios la presencia de estos FAN principalmente en la cáscara del fruto de pejibaye.

En el año 1998a, Gómez *et al*., efectuaron un estudio en donde evaluaron respuestas de animales de laboratorio que fueron alimentados durante 6 semanas con extractos acuosos de pejibaye entero crudo y de sus fracciones (pulpa cáscara y semilla) así como del fruto entero cocido a temperatura de ebullición durante una hora. En los resultados se observó una ganancia de peso del grupo que consumió pejibaye entero cocido, lo cual se podría atribuir a la inactivación de FAN durante el proceso de cocción. Los grupos que presentaron pesos inferiores fueron los que consumieron extracto de cáscara y semilla de pejibaye. A los animales que se les suministró el extracto de pejibaye entero cocido presentaron una conversión alimenticia más eficiente, y por el contrario, los menos eficientes fueron alimentados con extracto de cáscara de pejibaye (Gómez *et al*., 1998a).

En ese mismo año Gómez et al., (1998b) publicaron la segunda parte del estudio en donde demostraron la presencia de lectinas en la pulpa y la semilla del fruto de pejibaye, así como en la cáscara. Además, evaluaron la actividad de tripsina y demostraron una inhibición de más del 50% con el extracto de cáscara de pejibaye; por el contrario, con los extractos de pejibaye entero cocido y de pulpa, se evidencia una estimulación de la actividad proteolítica de la tripsina. Por lo

tanto la evidencia sugiere que el inhibidor de tripsina se localiza principalmente en la cáscara del fruto y que se destruye con el calor.

3.1.4 Estado de la cuestión: pejibaye

El crecimiento de la población mundial ha hecho necesario aumentar las materias primas con alto valor nutricional. Debido a su alto valor nutricional y su fácil producción el pejibaye se convierte en una gran opción para ser parte de esta renovación en la alimentación mundial (De Oliviera *et al*., 2006).

Los cereales son la fuente de alimentación más grande del mundo; sin embargo, los países en desarrollo dependerán cada vez más de la importación de estos. La harina de trigo es un buen ejemplo, pues en los países en vías de desarrollo no existen ni los suelos ni los climas adecuados para la producción de los mismos. No obstante, estos países poseen las condiciones adecuadas para producir otros tipos de cereales, tubérculos y otros productos tales como el pejibaye, constituyendo una gran oportunidad para introducirlo como materia prima de los alimentos consumidos diariamente (FAO, 2002; Ugalde & Pineda, 2004).

El procesamiento del pejibaye se realiza con el fin de utilizarlo como alimento. El fruto de pejibaye por lo general es hervido por un periodo de 3 horas en agua con sal y otros condimentos en algunas ocasiones. Este proceso de cocción causa que la cáscara se separe más fácilmente así como la pulpa de la semilla. (Morton, 1987)

La utilización del fruto de pejibaye en conjunto con harina de trigo es un posible mercado atractivo por numerosas razones. Inclusive, la empresa Molinos de Costa Rica, quien distribuye aproximadamente el 80% de la harina de trigo en Costa Rica lo reconoce como un uso potencial. Una mezcla de estas dos harinas podría ser comercializado y vendido directamente a panaderías locales y otros negocios para ser utilizado en la elaboración de pan (Tracy, 1985).

En 1984 se realizó un estudio en el cual se elaboró pan con una mezcla de harina de trigo y harina de pejibaye, resultando que con una sustitución del 10% de harina de trigo por harina de pejibaye el producto elaborado presentó las características deseadas, diferenciándose solamente en el sabor y el color, el resto de las evaluaciones se mantuvieron igual. La conclusión más relevante del estudio fue que al sustituir con harina de pejibaye la formulación del pan, se obtiene un producto

agradable y con un valor nutricional más alto que solamente utilizando harina de trigo (Tracy, 1985).

Debido a las propiedades del pejibaye una opción para consumir este producto, aparte de la simple cocción como es generalmente usado, es el convertirlo en harina para su consumo. La harina tiene un contenido de de agua menor al de la fruta; de 10 a 12% contra un 36,0 a 76,4% respectivamente, casi duplicando el contenido del resto de los nutrientes (Blanco, *et al*. 1992). La harina de pejibaye es utilizada por los habitantes del Amazonas, estos la mezclan con harina de trigo y con ellos elaboran productos como pan, bizcochos y pastelería. En términos nutricionales la harina de pejibaye posee una alta disponibilidad de betacarotenos, minerales, aminoácidos esenciales y aceite, mejorando así los productos elaborados a partir de ésta (De Oliviera *et al*., 2006).

Otro producto a partir de pejibaye es un alimento infantil. Blanco *et al* (1993), comentan en su publicación que el pejibaye es una opción para elaborar un alimento para niños menores de un año, pues estos aceptan sin ningún problema el sabor y lo consumen en trocitos. La formulación del producto incluye pejibaye, leche descremada fluida, margarina y sal. El producto en general suple las necesidades diarias de un niño entre los 6 y 7 meses con las siguientes cifras, 20; 13; 16,7; 11, 14, 39, 13, 60% para las calorías, proteínas, calcio, hierro, vitamina A, B1, B2, niacina y vitamina C respectivamente (Blanco *et al*., 1993; Blanco-Meltzler *et al*., 1992).

De Oliviera *et al*., 2005, evaluó la utilización de la harina de pejibaye para la elaboración de pastas. Sus resultados demostraron que al adicionar un 15% de harina de pejibaye, el producto mejoraba los valores del volumen, densidad y el tiempo de cocción en 100g de muestra; lo cual hacía posible economizar energía, espacio de almacenamiento y costos de transporte. Además, la conclusión más relevante fue que atribuyen a la harina de pejibaye la cualidad de ser utilizada como una materia prima para la producción de pastas debido a su composición química, y sus parámetros de cocción.

Ugalde & Pineda, 2004 estudiaron el efecto del grado de sustitución de harina de trigo con harina de pejibaye sobre las características sensoriales en queque seco. En su estudio se determinó que los jueces encargados de evaluar los queques pudieron encontrar diferencias significativas en parámetros de color, sabor y dureza; sin embargo, al solicitarles que evaluaran agrado, los

participantes del panel no encontraron diferencias significativas, eso quiere decir que, para el 55% de los participantes, todas las formulaciones les resultaron agradables.

Existen en el mercado otros productos que han sido elaborados a partir de pejibaye, incluso se han realizado investigaciones científicas para conocer más a fondo sus características, tanto de composición como sensoriales. Tal es el caso de la elaboración de productos como cajetas, pan dulce, galletas dulces. En los análisis realizados a estos productos se comprobó que efectivamente existe aceptación por parte de los consumidores por este tipo de productos (Watson, 2010).

Todos los casos expuestos anteriormente evidencian una pequeña parte de las investigaciones que se han realizado con el fruto de pejibaye, por lo tanto queda claro que hay información base para realizar estudios y que además hay mucho por investigar de este fruto que promete tener un gran futuro en la industria alimentaria.

3.2 Sustitutos de grasa en alimentos

3.2.1 Generalidades de los sustitutos de grasa

Las personas que toman conciencia de la su salud están modificando sus hábitos alimenticios y están consumiendo menos grasa. Lo ideal para una persona con una edad mayor a los 2 años, es que el consumo de grasa sea menor al 30% de la energía total, además el total de grasa saturada debe ser menor al 10% de la energía total (Sampaio *et al*., 2004).

El sabor es algo muy importante para los consumidores, el hecho de que los sustitutos de grasa no puedan equiparar el sabor del producto original por todos los atributos sensoriales que la grasa aporta es un factor muy importante a tomar en cuenta, pues esto dificulta a los consumidores a mantener un régimen de dieta bajo en grasa. La demanda de productos bajos en grasa ha intensificado el interés de los investigadores en desarrollar este tipo de productos (Sampaio *et al*., 2004).

Existen varias razones para utilizar sustitutos de grasa. La primera es facilitar la reducción del consumo de grasa total y saturada, pues un alto consumo de esta está asociado a un alto índice de obesidad así como a las enfermedades crónicas. Un segundo propósito sería disminuir la energía

total consumida en la dieta para mejorar la salud. Por último, aumentar la palatabilidad de este tipo de productos sin aumentar el consumo de grasas (Sampaio *et al*., 2004).

Como se ha expuesto, el desarrollo de productos bajos en grasa o sin grasa es realmente importante en la industria alimentaria. Hay toda una gama de sustitutos de grasa en el mercado, y dependiendo del producto evaluado se elegirá el sustituto de grasa adecuado. Los sustitutos de grasa pueden ser divididos en tres categorías, derivados de compuestos proteicos, derivados de carbohidratos y derivados de grasa. Cada uno tiene distintas propiedades que proveen ventajas y desventajas en aplicaciones específicas. Incluso en ocasiones se deben combinar diferentes sustitutos de grasa en un mismo producto para que junto con el resto de la formulación del producto se obtengan los resultados deseados (Lucca & Tepper, 1994).

3.2.1.1 Derivados de proteína

Los sustitutos de grasa basados en compuestos proteicos tienen la limitación de que no pueden ser utilizados en productos que necesiten un freído posterior. Esto se debe a que las altas temperaturas causan una desnaturalización o coagulación de las proteínas, lo que resulta en una pérdida de la cremosidad del producto creando una textura grasosa. Además de esto, las proteínas tienden a ligarse con algunos sabores, causando que se incrementen o produzcan sabores no deseados. Estas interacciones son específicas para cada alimento, interviene tanto el compuesto proteico utilizado como los ingredientes del producto en sí. Por estas razones predecir el comportamiento del compuesto proteico utilizado es difícil (Lucca & Tepper, 1994, Singhal *et al*., 1991).

Dentro de esta categoría se pueden encontrar los concentrados de proteína de suero. Aprovechando que el 20% del total de las proteínas contenidas en la leche son proteínas de suero, los concentrados de proteínas de suero proporcionan hasta un 50% de compuestos funcionales. Es importante hacer notar que la concentración, la temperatura, el pH, la matriz del alimento y sus interacciones pueden repercutir en los resultados del producto final (Lucca & Tepper, 1994).

Otro modo en el que el concentrado de proteína de suero puede ser encontrado es como proteína microparticulada. Para llegar a esta presentación las proteínas del suero se exponen a un tratamiento térmico y cizallamiento hasta que estas coagulan formando una estructura de gel con

micropartículas tan pequeñas que son imperceptibles para la lengua humana como partículas individuales (Lucca & Tepper, 1994).

3.2.1.2 Derivados de carbohidratos

Los sustitutos de grasa derivados de los carbohidratos tienen la capacidad de estabilizar cantidades importantes de agua formando una matriz de gel, que tiene como resultado una sensación fluida y aceitosa como la de la grasa. Al igual que todos los sustitutos de grasa, estos tienen limitaciones, las dos más notables para este tipo son que no son aptas para el freído y que al ser una estructura en gel con alto contenido de agua, la actividad de agua en el producto aumenta, disminuyendo potencialmente la vida útil de éste (Lucca & Tepper, 1994).

Dentro de los sustitutos de grasa derivados de los carbohidratos se encuentran los almidones modificados que mejoran la estabilidad, cremosidad y retención de humedad de los alimentos. Estos compuestos tienen una amplia gama en el mercado pues ofrecen una variedad de características que se ajustan a varios tratamientos posteriores como lo son el grado de esparcimiento, geles estables, resistencia a procesos térmicos, acidez y cizallamiento (Lucca & Tepper, 1994).

Una de las ventajas de los almidones modificados es el bajo costo que estos poseen pues pueden ser extraídos de materias primas ampliamente disponibles. Sin embargo como en todos los casos, dependiendo del almidón y la cantidad empleada puede causar algún enmascaramiento de sabor o adicionar alguno no deseado (Lucca & Tepper, 1994, Singhal *et al*., 1991).

Otra categoría importante son los geles de celulosa o celulosa microcristalizada es una forma de celulosa no fibrosa en el que las fibras han sido fragmentadas por diferentes métodos físicos y químicos. El resultado obtenido es un gel de celulosa coloidal con ciertas propiedades funcionales como lo son cremosidad, dan cuerpo y opacidad (Lucca & Tepper, 1994, Singhal *et al*., 1991).

Las gomas son otros derivados de los carbohidratos que pueden ser utilizados como sustitutos de grasa en los alimentos, estas son hidrocoloides que aportan viscosidad, son espesantes y en algunos caso formadoras de gel. La importancia de las gomas se basa en su capacidad para estabilizar emulsiones con alto contenido de agua, suspender partículas, controlar la cristalización e inhibir la sinéresis (Lucca & Tepper, 1994, Singhal *et al*., 1991).

La elección de la goma a utilizar en un producto puede ser compleja. Dentro de los factores a considerar se encuentran, los efectos de la temperatura y el cizallamiento en la solubilidad de la goma, las características reológicas del gel formado, la compatibilidad con la matriz alimentaria en la cual se vaya a utilizar, así como el olor, color y sabor del producto final (Lucca & Tepper, 1994).

3.2.1.3 Derivados de grasa

Los sustitutos derivados de la grasa son sustancias que se ven y se sienten como la grasa y que además tienen propiedades físicas y térmicas similares a las de la grasa. En teoría podrían sustituir parte o toda la grasa del alimento. Dentro de esta categoría se incluyen los emulsificantes, triacilglicéridos de cadena media y lípidos estructurales no calóricos (Lucca & Tepper, 1994).

Los emulsificantes en la industria de alimentos funcionan como agentes extensores grasa, o sea que alargan la grasa ya existente haciendo que poca grasa parezca más. Estos aditivos funcionan sustituyendo parte o toda la grasa del alimento para obtener como resultado un producto con características similares al original (Lucca & Tepper, 1994).

Los triacilglicéridos de cadena media, tienen en su estructura un esqueleto de carbonos de no más de 12 carbonos. Son líquidos incoloros a temperatura ambiente, estables en altas y bajas temperaturas y muy estables a la oxidación (Lucca & Tepper, 1994).

Los lípidos estructurales triacilglicéridos de cadena media que han sido modificados para tener una cadena larga, se les llama también lípidos diseñados ya que es posible formularlos para cubrir necesidades específicas (Lucca & Tepper, 1994).

El último grupo en esta categoría se trata de los compuestos sintéticos no calóricos. Estos compuestos son materiales con propiedades funcionales y sensoriales similares a los de la grasa. Estos compuestos son resistentes a las enzimas digestivas por lo que no proveen calorías (Lucca & Tepper, 1994).

3.2.2 Materias primas cultivadas en Costa Rica utilizadas como sustitutos de grasa en alimentos

Como se ha venido documentando a lo largo del texto, se busca sustituir grasa en los alimentos por algún tipo de sustituto que provea cualidades similares a las de la grasa en el producto final (Ognean *et al.* 2006). Para esto se necesita encontrar el sustituto más adecuado para el tipo de matriz alimentaria en la que se desea trabajar. He aquí algunos de los alimentos estudiados que poseen las características adecuadas para actuar como un sustituto de grasa.

Cordero (2010), determina en su estudio que dentro de las propiedades más importantes para determinar un potencial sustituto de grasa se encuentra el almidón, proteínas, pectina soluble, celulosa, hemicelulosa y lignina y que el chayote blanco y quelite poseen una cantidad adecuada de estos componentes como para considerarlo un buen sustituto de grasa.

Además del estudio de Cordero (2010), ya en el año 2008 Jiménez había realizado pruebas con purés de chayote que fueron procesados en diferentes condiciones para obtener el puré que actuaría de mejor forma como sustituto de grasa en quequitos y en aderezos. Se evaluó en ese estudio la textura, el color, el grado de separación de la grasa y se hizo también un estudio de aceptación. Los resultados demostraron que la utilización de puré de chayote funciona en definitiva como un sustituto de grasa.

Otro precedente en la sustitución de grasa en alimentos se encuentra en el estudio de Morales-Torres (2013), quien evaluó la harina de plátano como fuente potencial de fibra y sustituto de grasa en embutidos, los resultados del estudio arrojaron que además de esta harina ser una fuente importante de almidón, también es exitosa a la hora de utilizarla como sustituto de grasa en un gel modelo cárnico.

Con estas evidencias de la utilización de alimentos con algún tipo de procesamiento para la sustitución de grasa en alimentos queda clara la posibilidad de encontrar más opciones para este fin. Falta entonces solamente hacer las investigaciones del caso.

3.2.3 Sustitutos de grasa en producto cárnicos

Al contenido de grasa en los productos se les asocia ciertos efectos físicoquímicos y características sensoriales como sabor, sensación en la boca, jugosidad, textura, mordida, transferencia de calor, etc. El objetivo principal de los sustitutos de grasa es disminuir el contenido de grasa modificando al mínimo estas características. Es por esto que la industria alimentaria responde a los consumidores ofreciendo una variedad de productos cárnicos bajos en grasa que puedan cumplir con las expectativas de los clientes. Para esto es necesario tomar en cuenta ciertos factores profundizados a continuación (Tokusoglu & Kemal, 2003).

La parte sensorial de los productos cárnicos es realmente importante, el sabor, la textura y otras características sensoriales de los productos cárnicos bajos en grasa es parte esencial para que el producto sea aceptado por los consumidores. Como se ha mencionado anteriormente, la grasa es fundamental en mejorar la palatabilidad incrementando la suavidad y jugosidad de los productos cárnicos (Tokusoglu & Kemal, 2003).

Otro factor de suma importancia es el factor nutricional, pues la grasa aporta gran parte de la energía que el cuerpo requiere, así mismo es una importante fuente de vitaminas liposolubles (A, D, E, K), fuente de ácidos grasos esenciales y precursora de prostaglandina que se encargada de regular numerosas funciones fisiológicas. La carne, en proporciones adecuadas, es un importante componente de una dieta balanceada, por lo que la reducción de su contenido graso es importante tanto en la parte sensorial, tecnológica así como en la parte nutricional. Los lípidos dan una sensación de saciedad a las personas debido a su alto aporte energético; los lípidos son digeridos lentamente por lo que la necesidad de consumir más comida se ve retardada (Tokusoglu & Kemal, 2003).

El consumo de carnes procesadas, está altamente asociado al sabor. Los productos cárnicos bajos en grasa que no son agradables en términos de palatabilidad o apariencia no serán vendidos de no ser por las características beneficiosas que se le asocien. Además de ser percibidos como saludables, los productos cárnicos bajos en grasa deberían ofrecer los mismos atributos sensoriales de otros productos convencionales. Algunos de los problemas causados por la reducción de grasa en los productos cárnicos pueden ser minimizados haciendo uso de materia

prima magra, realizando tratamientos físicos a la carne y con la adición de varios ingredientes a la formulación (Sampaio *et al*., 2004).

Una de los parámetros más importantes en la elaboración de estos productos es lograr una alta estabilidad, principalmente prevenir que el agua y la grasa se separen del producto. Entender el mecanismo que logra estabilizar la grasa en el producto es trascendental para poder controlar la calidad de este (Andersson *et al*., 2000).

3.3 Embutidos

El desafío principal para todo productor de embutidos es poder ofrecer a los consumidores un producto elaborado bajo determinadas especificaciones o estándares de producción a los menores costos sin comprometer la calidad del producto (Müller & Ardoíno, s.f.).

Existen varios productos cárnicos embutidos, dentro de los más comunes se encuentran la salchicha, salchichón, mortadela y chorizo. Es importante definir lo que entiende como salchicha, pues es el modelo cárnico que se trató de imitar en el marco de este estudio. Se define como salchicha un producto cocido, elaborado sobre la base de carne fresca o congelada, con agregado o no de carne cocida, de animales autorizados, con agregado de grasa comestible, perfectamente trituradas o mezcladas, emulsionado o no, elaborado con ingredientes de uso permitido e introducido en fundas con un perímetro de 112mm, el producto puede ser ahumado o no (MEIC-MAG-S, 2008).

Una de las principales características de los distintos tipos de embutidos es la existencia de una fase hidrofílica compuesta por sal, agua y proteínas y esta se encarga de estabilizar la fase dispersa que se trata de una combinación de partículas gruesas de carne y grasa, gotículas de grasa, proteínas insolubles, tejido conjuntivo y partículas de especias. La estabilidad de este sistema es influida por factores como pH, la fuerza iónica, intervalo de fusión de lípidos y el contenido proteico (Belitz & Grosch, 1997).

Existen muchos tipos de embutidos, basado en su formulación y en las características del procesamiento se le puede adjudicar una categoría. La salchicha propiamente se puede clasificar como un producto finamente picado, curado, cocido, ahumado y con un diámetro inferior al del salchichón y las mortadelas (Herrera *et al*., 2003).

Para realizar estudios acerca de los embutidos los geles modelos cárnicos son muy utilizados por los investigadores. Los modelos de emulsiones cárnicas o geles modelo son formulaciones en donde se utilizan los principales componentes de un producto cárnico y se sustituye en alguna proporción alguno de los componentes de interés por un ingrediente funcional por ejemplo. El uso de estos geles modelo es utilizado en la industria pues se permite estudiar el comportamiento del producto utilizando pequeñas cantidades del producto a analizar (Tokusoglu & Kemal, 2003; Morales, 2013).

Los ingredientes esenciales de un embutido son, agua, carne, grasa y sal; y estos además se utilizan en la elaboración de los geles modelo, estos se describen a continuación.

Agua: El agua constituye el 45-55% (m/m) de los embutidos cocidos, siendo el componente más importante de estos. La relación entre las porciones magra y grasa determina la cantidad exacta en el embutido. (Herrera *et al*., 2003).

Carne magra: Las carnes magras aportan a la estabilidad de la emulsión y a las cualidades físicas de los embutidos. Las proteínas de la carne (en una proporción no menor a 12%) efectúan dos funciones muy importantes en la elaboración de los embutidos: emulsionan la grasa y son responsables de ligar parte del agua añadida durante la elaboración (Herrera *et al*., 2003).

Grasa: La grasa aporta a la jugosidad y suavidad. Se utiliza con más frecuencia la grasa de cerdo debido a que es más blanda y funde a temperaturas más bajas, no así la grasa de res. Se utiliza en una proporción no mayor del 25% (m/m) (Herrera *et al*., 2003; MEIC-MAG-S, 2008).

Sal: La sal aporta sabor, solubiliza las proteínas de la carne y actúa como preservante. Constituye el 1-5% (m/m) del producto (Herrera *et al*., 2003).

Por esta razón lo ingredientes mencionados anteriormente serán el componente principal de los geles modelos a realizar, pues como se explicó anteriormente, en su elaboración se toman en cuenta los principales componentes de la elaboración y posteriormente se hacen variaciones para observar el comportamiento de algunas de las características en estudio.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización del proyecto

El proyecto de investigación así como los análisis físicos y químicos necesarios para su desarrollo fueron realizados en el Laboratorio de Química de la Escuela de Tecnología de Alimentos; asimismo la elaboración del producto fibroso, seco y molido a partir de pejibaye se llevó a cabo en la Planta Piloto del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA). Los análisis de almidón y proteína fueron realizados por el Laboratorio de Química del CITA. Todas estas locaciones se encuentran situadas en la Universidad de Costa Rica, Sede Rodrigo Facio, San Pedro Montes de Oca, San José.

4.2 Materiales

Para obtener el residuo fibroso de pejibaye se utilizaron dos variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes*): Yurimagua y Guatuso, las cuales fueron cosechadas en la finca Los Diamantes del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en la zona de Guápiles. Las variedades se determinaron de acuerdo a la disponibilidad de éstas.

La finca estaba dividida por parcelas, las cuales se encontraban sembradas por filas, por lo que un lote de cada variedad correspondía a lo disponible de pejibaye en una fila.

La disponibilidad de materia prima fue limitada por lo que no se tomó en cuenta la edad, el grado de madurez o alguna otra característica específica de los frutos de pejibaye. El proceso de selección describe el parámetro tomado en cuenta en esta operación.

Para la elaboración del gel modelo, se utilizó carne de pollo adquirido en una agencia expendedora, seleccionado debido a que tiene un menor costo que el resto de las carnes aptas para elaborar este tipo de producto. Los ingredientes, aceite y sal, fueron adquiridos en comercios al detalle. El tripolifosfato de sodio fue adquirido en una empresa dedicada a la venta de ingredientes para la industria alimentaria.

4.3 Metodología

4.3.1.1 Obtención de un producto fibroso, seco y molido a partir del residuo fibroso de la extracción del almidón de dos variedades pejibaye (*Bactris gasipaes*) y caracterización por medio de un análisis proximal para determinar el contenido de humedad, proteína, grasa, carbohidratos, fibra, almidón, ceniza y tamaño de partícula.

A las dos variedades de pejibaye seleccionadas se les realizó el tratamiento mostrado en la Figura 1, para así obtener un residuo fibroso.

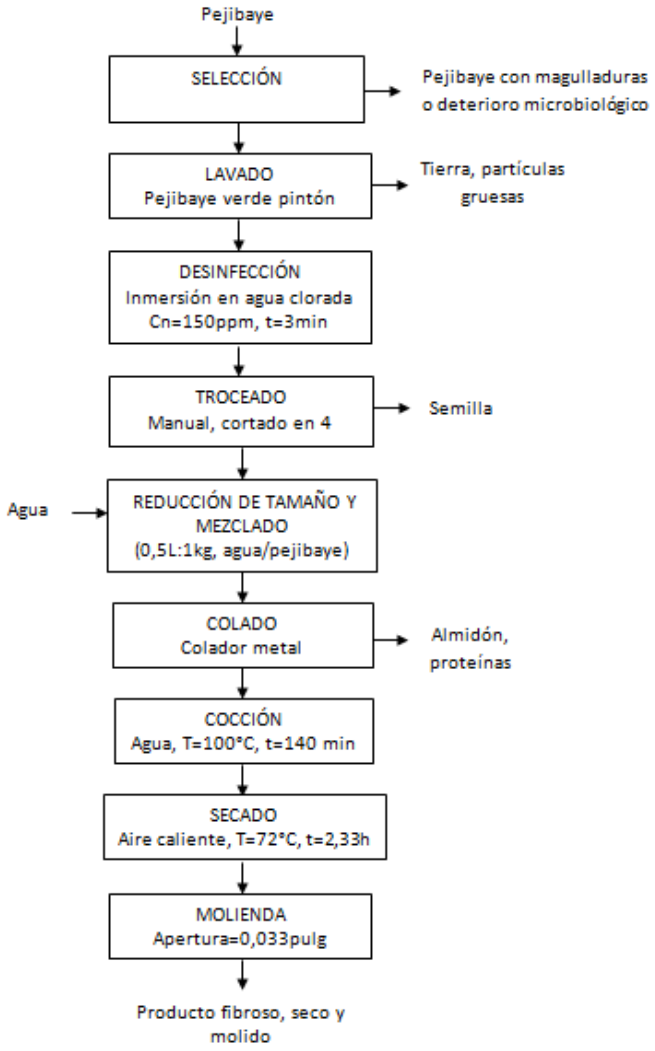

Figura 1. Flujo de proceso para la obtención del residuo fibroso de pejibaye a partir de la extracción de almidón.

Las etapas para la obtención del residuo fibroso de describen a continuación:

Selección

La selección de los pejibayes se realizó de manera visual descartando aquellos que presenten magulladuras visibles, tengan daño microbiano o se encuentren en estado muy avanzado de madurez.

Lavado y desinfección

Los pejibayes fueron lavados de forma manual con agua a temperatura ambiente eliminando todas las partículas gruesas de suciedad. Posteriormente se sumergieron en una solución de agua con cloro, a una concentración de 150ppm por un tiempo de 3 minutos.

Troceado

De forma manual, utilizando un cuchillo, los pejibayes se cortaron en cuatro partes iguales y se desechó la semilla.

Reducción de tamaño y mezclado

Se utilizó una licuadora para mezclar agua y pejibaye en una proporción de 0,5L:1kg respectivamente.

Colado

Para eliminar el exceso de agua, que contiene almidón y proteínas se utilizó un colador de metal, el cual retenía el contenido fibroso.

Cocción

Se colocó la pulpa en bolsas de polietileno de alta densidad que contenían 10 kg por bolsa, se le agregó agua en ebullición hasta tapar el producto. Se dejó en ebullición por 2 horas y 20 minutos, pasado el tiempo se detuvo la cocción.

El propósito de la cocción de la pulpa fue inactivar los factores antinutricionales (FAN) que contiene el pejibaye. Las condiciones de cocción se determinaron según el estudio de Ugalde (2002), en donde se detalla que un tratamiento térmico de 15 minutos a una temperatura de ebullición o bien la cocción a 115°C por 5 minutos es suficiente para inactivas los FAN.

El producto se dejó un mayor tiempo en cocción debido que se estaba tomando la temperatura del centro del producto con un termómetro de grado alimentario, y el producto se retiró solo hasta que el centro del producto llegara la temperatura indicada para inactivar los FAN.

Secado

Para elaborar el producto fibroso, seco y molido de pejibaye se utilizó el secador de aire caliente marca National ubicado en la planta piloto del CITA.

Las condiciones a las cuales se secó la harina se realizaron de acuerdo a lo encontrado por Ugalde (2002). Se colocaron 6,14kg/m^2 de residuo fibroso de pejibaye en las bandejas del secador a una temperatura de 72°C, con una velocidad de aire de 4m/s por un tiempo de 2,33 horas.

Molienda

La molienda se llevó a cabo en un molino de martillos empleando la malla con apertura de 0,084cm (0,033pulg), según lo recomendado por Ugalde (2002).

Para la elaboración de la harina se utilizaron los equipos de la Planta Piloto del CITA mostrados en el Cuadro II.

Cuadro II. Equipos utilizados en la elaboración del producto fibroso, seco y molido a partir de pejibaye.

Equipo	Descripción
Marmita	Marca Groen, modelo 14/TA –10SP
Homogenizador	Marca Hobbart.
Secador de aire caliente	Marca National, USA.
Molino de martillos	Marca Fitz mill, modelo Homoloid machine JT6, # serie 10310, malla 0,084 cm.

Con respecto a la caracterización del producto fibroso, seco y molido de cada variedad de pejibaye (*Bactris gasipaes*) provenientes de la zona de Guápiles. Se determinó para cada lote el contenido de humedad, proteína, grasa, carbohidratos, fibra, almidón, ceniza y tamaño de partícula (ver sección de métodos de análisis 4.3.5).

4.3.2 Determinación de la capacidad de retención de agua, capacidad de retención de grasa, material insoluble en alcohol, material insoluble en agua y alcohol y pectina hidrosoluble de la harina obtenida del residuo fibroso de la extracción del almidón de dos variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes*) para establecer los posibles grados de sustitución de grasa por el ingrediente de pejibaye.

Para determinar el potencial del material para ser usado como sustituto de grasa se le midió la capacidad de retención de agua (CRA), la capacidad de retención de grasa (CRG), la cantidad de material insoluble en alcohol (MIA), material insoluble en agua y alcohol (MIAA) así como la pectina hidrosoluble. La metodología de estos procedimientos se describe a continuación.

Capacidad de Retención de Agua (CRA)

Para determinar la capacidad de retención de agua, se realizó el procedimiento propuesto por Bortoluzzi *et al*. (2009), el cual se describen en la Figura 2.

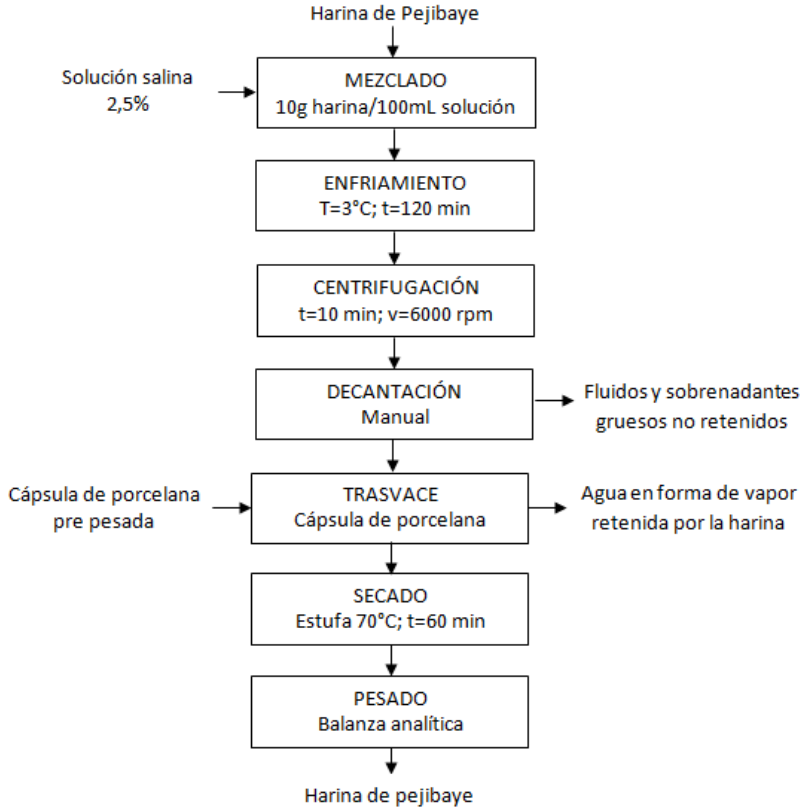

Figura 2. Flujo de proceso para determinar la capacidad de retención de agua de la harina de pejibaye.

Para realizar el análisis de la cantidad de agua retenida por la harina de ambas variedades de pejibaye, se tomaron 10 g de la harina y se colocaron en 100 mL de una solución salina al 2,5% que la constituye un buffer de fosfatos con un pH final de 6,3. Esta mezcla se colocó en tubos de centrífuga de polipropileno de 50 mL de capacidad. Las muestras se enfriaron y se mantuvieron a una temperatura de 3 °C por 120 min. Seguidamente, las muestras se centrifugaron durante 10 minutos a 6000 rpm. Al término de la centrifugación se descartó el líquido sobrenadante y los gruesos no retenidos por medio de una decantación, se pesó el contenido de los tubos después de la decantación (P1). (Bortoluzzi *et al*., 2009).

Seguidamente, el contenido de los tubos se trasvasó a una cápsula de porcelana prepesada. La cápsula se colocó en la estufa a una temperatura de 70°C y se dejó por un tiempo de 60 min. Después de transcurrido el tiempo, la cápsula se pesó nuevamente (P2) y se determinó por diferencia el contenido de agua que fue retenido por la harina.

De lo anterior se obtiene que:

$$CRA = \frac{P1-P2}{P2-K} \qquad \text{(Ecuación 1)}$$

donde,

$$k = a(P1 - P2) \qquad \text{(Ecuación 2)}$$

a = 0,028g fosfatos/mL

El procedimiento propuesto por Bortoluzzi *et al*. (2009), fue modificado en la velocidad utilizada en la operación de centrifugación debido a las características del equipo disponible en el laboratorio.

Capacidad de Retención de Grasa (CRG)

Para determinar la CRG en la harina de pejibaye, se realizó el procedimiento indicado por Femenia *et al*. (1997), con modificaciones en el tiempo de reposo de la muestra con aceite y velocidad y tiempo de centrifugado. Se tomaron 5g de harina de pejibaye, se colocaron en un

tubo de centrífuga. A esta muestra se le agregaron 30mL de aceite y se pesó (P1), se dejó reposar por 24 horas a temperatura ambiente. Pasado el tiempo de reposo la muestra se centrifugó a una velocidad de 6000rpm por 10 minutos. Seguidamente se decantó el exceso de aceite y se pesó la muestra con el tubo (P2); se determina el peso del aceite absorbido por diferencia y se reportó como g aceite/g producto.

De lo anterior se obtiene que:

$$CRG = P1 - P2 \quad \text{(Ecuación 3)}$$

El procedimiento se detalla en la Figura 3:

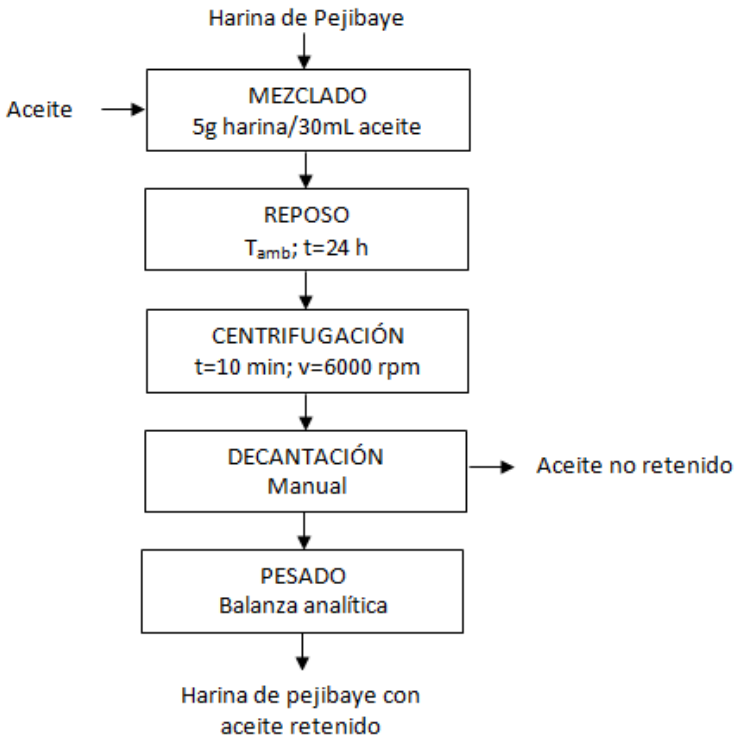

Figura 3. Flujo de proceso para determinar la capacidad de retención de grasa de la harina de pejibaye.

Material insoluble en alcohol (MIA), material insoluble en alcohol y agua (MIA), pectina hidrosoluble

Para la determinación del MIA, MIAA y pectina hidrosoluble se siguió en procedimiento descrito por Brillouet *et al.* (1988) y Cozzano 2007. El procedimiento se inicia realizando lavados sucesivos de etanol, acetona y éter etílico hasta extraer todo en material soluble en alcohol, quedando solamente aquel que no fue solubilizado por los componentes etílicos.

Seguidamente, al material restante, se le hacen lavados con agua destilada. De esta manera todo aquel material que es soluble en agua será arrastrado por ésta quedando solamente el material que es insoluble tanto en alcohol como en agua.

Para calcular la cantidad de pectina hidrosoluble se hace una diferencia entre la cantidad de MIA y MIAA y el resultante será la cantidad de pectina hidrosoluble presente en el compuesto analizado.

El procedimiento para la obtención de MIA, MIAA y pectina hidrosoluble se resume en la Figura 4.

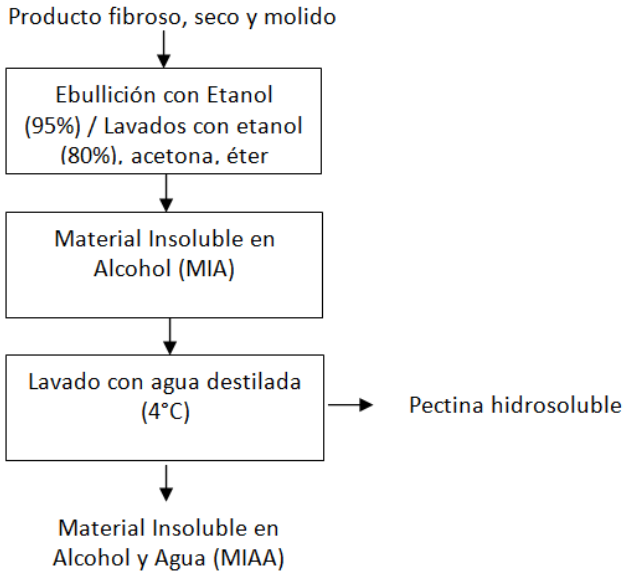

Figura 4. Flujo de proceso para la determinación de MIA, MIAA y pectina hidrosoluble.

4.3.3 Evaluación del efecto del porcentaje de adición de harina del residuo fibroso de la extracción del almidón de dos variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes*) para el establecimiento de los posibles grados de sustitución de grasa en un gel cárnico modelo

Con el objetivo de evaluar el efecto de la variedad de pejibaye y el porcentaje de sustitución, se elaboraron 3 modelos cárnicos. Los modelos cárnicos utilizados se realizaron según lo descrito por Bortoluzzi *et al*. (2009), realizando las modificaciones especificadas por Morales-Torres (2013).

La formulación del modelo cárnico se detalla en el Cuadro III.

Cuadro III. Formulación del modelo cárnico aplicando los siete tratamientos propuestos.

Ingrediente (%)	Tratamientos						
	Control	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Agua*	22,7	26,9	31,0	35,2	26,9	31,0	35,2
Carne de pechuga de pollo molida	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Aceite de girasol*	25,0	19,8	14,7	9,5	19,8	14,7	9,5
Sal	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Tripolifosfato de sodio	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Harina de residuo fibroso de pejibaye (sustituto de grasa)	0,0	Yurimagua			Guatuso		
		1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0

*Estos porcentajes serán definidos en función de los resultados obtenidos para capacidad de retención de agua y retención de grasa de la harina de residuo fibroso de pejibaye.
Fuente: Morales-Torres (2013)

Los porcentajes seleccionados para el experimento se escogieron por los resultados publicados por Bortoluzzi *et al* (2009); Femennia *et al,* (1997), Chin *et al,* (1998) y Morales-Torres (2013) con base en el porcentaje máximo de grasa permitido en los embutidos costarricenses (REGLATEC, 2009).

La figura 4 muestra el procedimiento para elaborar el modelo cárnico:

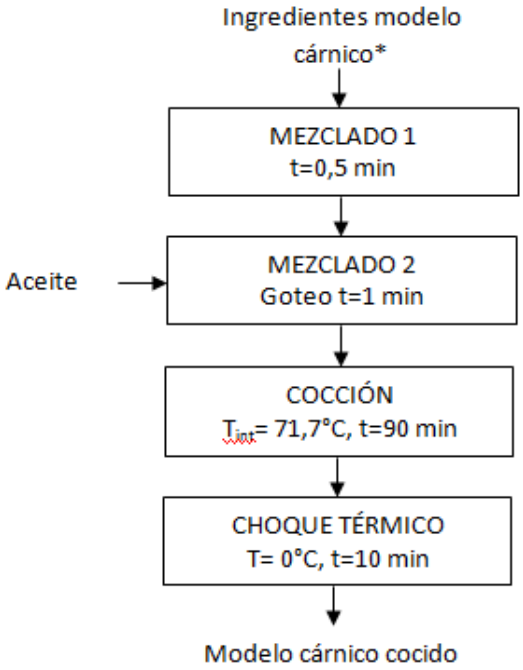

Figura 5. Flujo de proceso para elaborar el modelo cárnico.

*Los ingredientes se detallan en el Cuadro I.

Para la preparación del modelo cárnico, se utilizaron los ingredientes mencionados en el Cuadro III. La pechuga de pollo se trituró en un procesador para conseguir una textura molida como propone Bortoluzzi *et al*. (2009).

En un procesador se incorporó el agua, la carne de pechuga de pollo molida, la sal, el tripolifosfato de sodio y la harina de pejibaye (esta última en los casos en que el modelo a elaborar la contenga) se mezclaron por un periodo de 0,5 min. Pasado este tiempo, se le agregó gota a gota, el aceite de girasol, sin dejar de mezclar. El tiempo determinado para agregar el aceite es de 1 minuto.

La mezcla se trasvasó a un tubo de centrífuga y se centrifugó a una velocidad de 6000rpm por 15 minutos con el objetivo de no dejar burbujas de aire en el producto.

La cocción del modelo cárnico realizado llevó un proceso de calentamiento hasta que su temperatura interna fue de 71,7°C, la misma se midió en el control con la ayuda de un

termómetro grado alimentario. Posteriormente se realizó un choque térmico por 10 minutos a una temperatura de 0°C, se utilizó un baño de agua con hielo para obtener el efecto deseado. (Bortoluzzi *et al*., 2009; Yun-Sang *et al.*, 2011).

Debido a que se presentaron problemas para la obtención de la textura adecuada para el gel modelo cárnico, los cuales se discuten más adelante en el documento, se realizaron pruebas adicionales para obtener la textura deseada en el producto final. En el Cuadro IV se muestran las variantes que se seleccionaron para tales pruebas.

Cuadro IV. Pruebas adicionales en el gel modelo para obtener la textura deseada en el producto final.

Prueba	Variante
1	Utilizando residuo fibroso, seco y molido al 1%
2	Utilizando la mitad del agua que el producto fibroso, seco y molido en teoría retiene
3	Tomando en cuenta la cantidad de grasa que posee el producto fibroso, seco y molido
4	Utilizando ácido ascórbico al 0,5%
5	Utilizando producto fibroso, seco y molido autoclavado
6	Utilizando metabisulfito de sodio al 0,3% y al 0,5%
7	Utilizando harina de pejibaye completa

Las pruebas fueron realizadas en ambas variedades buscando encontrar un resultado diferente al variar el tipo de pejibaye.

4.3.4 Diseño Experimental

Para elaboración del producto fibroso, seco y molido residuo de la extracción de almidón se realizaron dos repeticiones del experimento con cada variedad de pejibaye, recolectada según se describió en la sección 4.2. De la variedad Guatuso se procesaron 10,8 kg y de la variedad Yurimagua 13,6 kg por lote aproximadamente.

Para la caracterización de las harinas de pejibaye, se utilizó un diseño irrestricto aleatorio con dos tratamientos que corresponden a las dos variedades de pejibaye a utilizar. Las variables respuesta fueron humedad, proteína, grasa, carbohidratos, fibra, almidón, ceniza, tamaño de partícula, CRA, CRG, MIA, MIAA y pectina hidrosoluble; cada medición se realizó por triplicado.

4.3.5 Análisis de Resultados

El análisis de los datos obtenidos de la caracterización química, CRA y CRG fue realizado por medio de la prueba T-student (α=0,05), con el propósito de determinar las diferencias entre variedades.

4.3.6 Métodos de Análisis

4.3.6.1 Determinación de humedad

Se determinó según el método P-SA-MQ-002, establecido en el método AOAC 920.151 (AOAC, 2005), basado en el principio de la pérdida de masa debida a la evaporación de agua en una estufa de vacío. (CITA, 2012b).

4.3.6.2 Determinación de proteína

Se determinó según el método P-SA-MQ-003, basado en el método AOAC 920.152 (AOAC, 2005), basado en el principio del uso de ácido sulfúrico concentrado hirviendo para la destrucción oxidativa de las sustancias orgánicas de la muestra. (CITA, 2012c).

4.3.6.3 Determinación de grasa

Se determinó según el método P-SA-MQ-009. El método consiste en la hidrólisis ácida de la muestra con un solvente poco polar, tal como el éter de petróleo o el éter etílico en un aparato de extracción intermitente o continuo, como los extractores Soxhlet y Goldfish respectivamente (CITA, 2012a).

En el caso específico del análisis de la harina de pejibaye se utilizó el éter de petróleo como solvente y el extractor de Soxhlet.

4.3.6.4 Determinación de carbohidratos

Los carbohidratos totales se determinaron por diferencia de acuerdo con la Ecuación 1:

$$\%\text{CH totales} = 100 - \%\text{Humedad} - \%\text{Ceniza} - \%\text{Proteína} - \%\text{Grasa}$$ (Ecuación 4)

4.3.6.5 Determinación de fibra

Se determinó el contenido del material insoluble en alcohol (MIA), continuando con el material insoluble en alcohol y agua (MIAA), según el procedimiento descrito por Brillouet *et al.* (1988). De las aguas de lavado de esta fracción se determinó el contenido de pectinas solubles. (Cozzano, 2007; Cordero, 2010).

4.3.6.6 Determinación de almidón

Se determinó según el método AQCITA-M018. (CITA, 2005), basado en el principio de hidrólisis de almidón a unidades de glucosa, y la posterior determinación de la concentración de glucosa. (CITA, 2005).

4.3.6.7 Determinación de ceniza

Se determinó según el método P-SA-MQ-004, fundamentado en el método AOAC 940.26 (AOAC, 2005), basado en el principio de la medición de la masa del residuo inorgánico que queda de quemar la muestra a temperaturas entre 500°C -600°C (CITA, 2012d).

4.3.6.8 Determinación del tamaño de partícula

Se realizó la molienda de pejibaye en un molino de martillos para obtener un residuo fibroso, seco y molido de dos variedades de pejibaye. Posteriormente se realizó un tamizado para determinar el tamaño de partícula de este producto.

Se utilizaron los tamices de la serie Tyler desde una apertura de tamiz de 0,044mm hasta un máximo de 1,981mm (Cuadro XVII), estos valores corresponden al rango en que se encuentra todo el residuo fibroso, seco y molido de ambas variedades de pejibaye utilizado.

Cabe destacar que para ambos lotes de la variedad Yurimagua y el primer lote de la variedad Guatuso se utilizaron los tamices de la serie Tyler 10, 25, 35, 45, 120 230 y 325. Para el segundo lote de la variedad Guatuso se utilizaron los tamices de serie Tyler 10, 25, 35, 45, 80, 120 y 230.

4.3.6.9 Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA)

La CRA se determinó de acuerdo a procedimiento descrito por Bortoluzzi *et al* (2009), basado en el principio de la cantidad de agua retenida por la fracción insoluble del material rico en fibra. (Femenia *et al*, 1997).

4.3.6.10 Determinación de la capacidad de retención de grasa (CRG)

La CRG se determinó de acuerdo al procedimiento descrito por Femenia *et al* (1997), establecido en el principio de la cantidad de aceite retenido por la fracción insoluble del material rico en fibra. (Femenia *et al*, 1997).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Elaboración de un producto fibroso, seco y molido a partir de la extracción del almidón de dos variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes)*

Para elaborar el producto fibroso, seco y molido se siguió el procedimiento descrito en la Figura 1, las operaciones llevadas a cabo se realizaron con el fin de obtener un producto de calidad que pudiera ser utilizado como sustituto de grasa en un gel modelo cárnico.

Como se explica en la metodología al pejibaye se le elimina de forma cualitativa el almidón presente, con el objetivo de proporcionar la materia prima para el proyecto "Aprovechamiento de las materias primas costarricenses como fuente alternativa de producción de almidones para uso en la industria de alimentos". El almidón se extrajo solo hasta que fuera una cantidad suficiente para desarrollar el estudio mencionado. Esto quiere decir que no se realizó ninguna prueba cualitativa ni cuantitativa para comprobar que se hubiera eliminado todo el almidón presente en el pejibaye. Por lo tanto es de esperarse que el producto final posea almidón en alguna proporción.

Durante las operaciones unitarias llevadas a cabo al pejibaye cabe recalcar que en ningún momento se retira la cáscara del fruto. En lugar de eso, ésta se muele junto con la pulpa que queda mezclada en la pasta resultante. Existe evidencia de que los FAN se encuentran en la cáscara del pejibaye. En un estudio realizado se elaboraron extractos acuosos de pejibaye entero crudo y de sus fracciones así como del fruto entero cocido. Los resultados arrojaron que la población que se alimentó con extracto de cáscara y semillas sin cocción presentó pesos inferiores lo que lleva a la conclusión de que es allí, en la cáscara y la semilla, en donde hay mayor concentración de FAN (Gómez, *et al*., 1998a). Por esta razón la operación de cocción se realizó previo a la deshidratación con aire caliente

Con respecto al rendimiento y como se puede observar en la Figura 1 que muestra el flujo de proceso para la obtención del residuo fibroso seco y molido, se puede observar que el producto final obtenido contiene la cáscara. La decisión de usar el pejibaye con cáscara se debe a varias razones. Primeramente, como se explicó anteriormente la cáscara de pejibaye contiene la mayor porción de fibra y se quiere principalmente obtener un residuo fibroso. Otra razón tecnológica

relacionada a esta decisión de no quitarle la cáscara es que esto favorece a que el producto final tenga mayor contenido de carotenoides pues en la cáscara se encuentran en gran cantidad (Murillo & Zumbado, 1986; Rojas, 2010).

Por último otra razón a favor de dejarle la cáscara al pejibaye se debe al costo que esto representa. Por un lado hacer un pelado manual de esta fruta implica un alto costo de mano de obra para esta operación, además del tiempo que implica pelar cada fruto. Por otro lado se tiene la opción de utilizar métodos mecánicos; sin embargo, estos producen una mayor pérdida de materia prima pues desintegra el producto, además la pérdida de nutrientes es mayor así como de la alteración de las características físicas (Rojas, 2010).

Se determinó el rendimiento para la obtención del producto fibroso, seco y molido, los resultados para variedad se pueden observar en el Cuadro V.

Cuadro V. Rendimiento en la obtención del producto fibroso, seco y molido a partir de diferentes variedades de pejibaye.

Variedad	Rendimiento (%)
Yurimagua	12,3 ± 2,3
Guatuso	13,2 ± 4,9

En los resultados obtenidos para el rendimiento total, o sea en la obtención del producto estudiado los datos varían en el sentido de que se obtiene un mejor rendimiento para la variedad Guatuso que para la variedad Yurimagua. Este resultado se puede deber a la operación de la extracción del almidón.

Por un lado, como se mencionó anteriormente, la extracción del almidón se realizó de manera cualitativa, por lo que se pudo hacer extraído mayor cantidad de almidón a la variedad Yurimagua, reflejándose en un menor rendimiento total. También se debe tomar en cuenta que la variedad Yurimagua tiene un contenido de humedad mayor. Es necesario recordar que para calcular el rendimiento de la obtención del residuo fibroso seco y molido se llevó a cabo una operación de secado en la que se eliminó la mayoría de agua del producto.

En la operación de secado se desea disminuir el contenido de agua desde un 56% a un 10% aproximadamente, esto para darle cierta estabilidad al producto y también para estar en regla con lo establecido con establecido con la norma CODEX STAN – 155 (1985), en donde se establece un contenido de humedad de la harina de un 10%.

5.2 Caracterización físicoquímica del producto fibroso, seco y molido de dos variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes)*

Diversos estudios muestran que dentro de los componentes más destacables del pejibaye se encuentran las grasas, almidones, carotenoides, fibra, vitaminas y minerales. El fruto de pejibaye representa una fuente de precursores de vitamina A, vitamina C, fibra dietética y calorías necesarias para una adecuada alimentación. Un pejibaye mediano, dependiendo de la variedad puede suplir las necesidades de diarias de vitamina A y C de un adulto desde un 15 hasta un 100% (Blanco *et al*., 1990).

Otro beneficio importante en cuanto a la composición del pejibaye es la presencia de un alto contenido de fibra dietética, su bajo contenido de azúcares simples y por ser un alimento de origen vegetal no contiene colesterol. A esto hay que acotar el aporte de compuestos antioxidantes que permite proteger moléculas como lípidos, ADN y proteínas del cuerpo ante el deterioro oxidativo. El hecho de que un fruto contenga este tipo de compuestos antioxidantes es de gran importancia pues estos han sido asociados con una menor incidencia de algunos tipos de cánceres y enfermedades de origen coronario (Blanco *et al*., 1990; Pérez-Mateos *et al.*, 2005; Rojas 2010; Brewer, 2012).

En los últimos años ha habido una tendencia en incrementar el consumo de productos ricos en antioxidantes, preferiblemente frutas y vegetales quienes tienen una contribución de estos compuestos además de la fibra aportada por este tipo de productos y como ejemplo de estas características se tiene al pejibaye (Abushita, *et al.*, 2000).

Si bien es cierto existe bastante información acerca de la composición del pejibaye; sin embargo a partir de la evidencia encontrada acerca de la variabilidad del pejibaye dependiendo de la variedad o de la procedencia del mismo, es importante seguir consolidando estudios del mismo que ayuden a ampliar la información que ya existe. (Yuyama *et al*., 2003).

Por estas razones son de gran importancia los resultados que se presentan a continuación, para así, a partir de la composición encontrada se puede tener un precedente del producto utilizado para realizar las formulaciones deseadas en el modelo cárnico. En el Cuadro VI se muestran los resultados del análisis proximal del producto obtenido de dos variedades de pejibaye.

Cuadro VI. Composición química del producto fibroso, seco y molido de dos variedades de pejibaye.

Análisis	Variedad		Harina de pejibaye con cáscara (Rojas, 2010)
	Yurimagua	Guatuso	
Humedad (g/100 g)	5,6 ± 1,0[a]	4,9 ± 0,6 [a]	13 ± 4
Grasa (g/100 g b.s.)	12,8 ± 6,7 [a]	11,1 ± 5,9 [a]	14 ± 3
Cenizas (g/100 g b.s.)	0,8 ± 0,1 [a]	0,7 ± 0,2 [a]	1,94 ± 0,07
Proteína (g/100 g b.s.)	3,9 ± 0,2 [a]	3,7 ± 1,0 [a]	6 ± 1
Almidón (g/100 g b.s.)	66,6 ± 0,3 [a]	62,31 ± 18, 5 [a]	66 ± 2
Carbohidratos totales (g/100 g b.s.)	82,5 ± 6,9[*] [a]	81,9 ± 10,3[*] [a]	NR

[*] Determinado por diferencia (100%-%humedad-%proteína-%grasa-%cenizas).
Letras diferentes dentro de una misma fila indican diferencias significativas con una $\alpha<0,05$.
NR: no reportado.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los de Rojas (2010) pues es la fuente encontrada más reciente que trabajó con harina de pejibaye dejándole la cáscara, que viene a ser el producto más parecido al residuo fibroso, seco y molido que se obtuvo en este estudio.

La humedad del residuo fibroso seco y molido del pejibaye es bastante bajo 5,6 ± 1,0g/100 g y 4,9 ± 0,6g/100g para Yurimagua y Guatuso respectivamente. Este valor obtenido se debe al proceso de secado que llevó el pejibaye en el secador de aire caliente marca *National*. Los resultados de Rojas (2010) muestran una humedad de 13 ± 4g/100g y reporta que hubo una disminución de en la humedad, con respecto a la materia prima inicial, de un 78%. Lo que quiere decir que en este caso esa disminución de humedad es todavía mayor, observando que se tiene una materia prima con características similares a la utilizada por Rojas. Lo anterior evidencia que si bien es cierto la variabilidad del pejibaye es indiscutible, este se comporta de forma predecible al ser comparado con resultados de estudios anteriores.

Con respecto a los resultados de los componentes grasa, proteína y almidón se puede observar que son similares a los detallados en la columna de referencia. Rojas (2010) explica que en todos

estos casos para sus resultados los diferentes procesos que se le realizaron a la materia no afectaron el contenido de grasa, proteína ni almidón, por lo que los resultados obtenidos concuerdan con lo dicho por Rojas (2010).

Además, en el estudio realizado por Fernández-Piedra *et al.* (1995) quienes analizaron el contenido de ácidos grasos en cuatro poblaciones de pejibaye, encontraron que después del procesamiento del fruto hasta convertirlo en harina, se da una disminución de ácidos grasos de hasta un 20%. Esto debido a que el punto de fusión de los ácidos grasos es bastante bajo, aproximadamente 40°C, y explica que durante la cocción del pejibaye en agua, los ácidos grasos se pueden transferir al agua durante esta operación.

En el caso particular de este estudio el pejibaye nunca estuvo en contacto con directo con agua que estuviera a una temperatura mayor a 40°C, por lo que no habría posibilidad de una transferencia de ácidos grasos al agua. Por lo tanto se puede decir que el contenido de grasa reportado para el residuo fibroso seco y molido debería ser el mismo de la materia prima utilizada de haber sido analizada. En el Cuadro VI se muestran los resultados para las variedades Yurimagua y Guatuso con 12,8 ± 6,7g/100g y 11,1 ± 5,9g/100g respectivamente.

Otro aspecto importante que se debe notar en los datos obtenidos para la grasa es que, si bien es cierto, no se encontraron diferencias significativas estadísticamente hablando entre variedades. Al analizar los resultados obtenidos (Cuadro XIX) para cada repetición, se puede notar que las variaciones entre réplica son bastante grandes, lo que sucede es que al promediarlas de cada variedad se encubre esta diferencia y resulta en que no se obtiene una diferencia significativa desde el punto de vista estadístico. Atribuyendo las diferencias a la variabilidad del pejibaye, se puede decir que los resultados obtenidos para la cantidad de grasa encontrada en cada muestra eran de esperarse. Incluso a simple vista existen diferencias importantes tanto en variedades así como entre lotes de la misma variedad.

Como se ha explicado a lo largo del documento la variabilidad del pejibaye es muy alta, e incluso dentro de las mismas variedades esta variabilidad afecta, inclusive en un mismo racimo se pueden encontrar pejibayes físicamente muy diferentes que incitan a pensar que son de una variedad distinta. Según Mora & Gainza (1999), la diversidad genética del pejibaye es esencialmente una garantía, pues su forma de reproducción garantiza que existe un factor de autoincompatibilidad

genética, lo cual promueve la reproducción cruzada o alogámica lo que produce ya de por sí una variabilidad garantizada en las cosechas.

Los valores de ceniza expuestos en el Cuadro VI muestran un valor de 0,8 ± 0,1g/100g para Yurimagua y 0,7 ± 0,2g/100g para Guatuso. Al ser comparados con lo reportado por Rojas (2010) y los valores expuestos en el Cuadro 1, se nota un valor por debajo a lo esperado. Una vez más la variabilidad del pejibaye por las condiciones climáticas, el suelo, el grado de madurez o algún otro factor hacen posible tener estos valores.

Importante recordar que las cenizas están compuestas esencialmente de minerales, estos componentes de los tejidos animales y vegetales que quedan en forma cenizada después de una incineración. Dentro de los minerales encontrados en el fruto de pejibaye se encuentran el calcio, potasio, sodio, magnesio, cloro, manganeso, zinc, selenio, hierro y cromo (Belitz & Grosch, 1997; Yuyama *et al*., 2003).

El contenido proteico encontrado en el residuo fibroso, seco y molido está dentro los límites esperados. Esto tomando en cuenta que es uno de los componentes que no varía a pesar de las operaciones unitarias realizadas para obtener el producto (Rojas, 2010). Además está dentro de los valores reportados en el Cuadro I, donde se resumen los resultados obtenidos para la composición de pejibaye obtenidos por varios autores. En este cuadro se muestra que los valores de proteína en pejibaye varían entre 0,37 - 7,1g/100g, Rojas (2010) reporta una valor de 6 ± 1g/100g. Los resultados para las dos variedades de pejibaye analizadas son 3,9g ± 0,2/100g para Yurimagua y 3,7 ± 1,0g/100g para Guatuso, los resultados obtenidos se encuentran en el rango esperado de contenido proteico en pejibaye.

Se sabe que al sustituir grasa en productos cárnicos existe la opción de hacerlo con aditivos con alto contenido proteico, de hecho se dice que la textura del producto puede mejorar cuando se utilizan estos productos altos en proteína; sin embargo, en la industria no se utiliza frecuentemente pues su costo es bastante elevado (Bengtsson *et al*., 2011). Con esto podemos decir que el alto contenido proteico que presentan los productos fibrosos, secos y molidos es un factor favorable para considerarlo un buen sustituto de grasa en embutidos.

Tomando en cuenta las observaciones hechas por Rojas (2010) y los resultados obtenidos en este estudio se puede extrapolar que debido a que el contenido de proteína está dentro de los límites, es de esperar que todos los aminoácidos esenciales estén presentes en el producto analizado, lo que contribuye a tener un producto atractivo por su alto valor nutricional. Comer dos pejibayes al día de un peso promedio de 50g contribuye en un 4,3% el consumo proteico de una persona de un peso promedio de 60kg con la ventaja de estar consumiendo de forma segura los ocho aminoácidos esenciales (Yuyama *et al*., 2003; Rojas 2010).

Seguidamente se observa en el Cuadro VI los resultados obtenidos en el análisis de almidón del residuo fibroso seco y molido. Primeramente se debe recordar, con ayuda de la Figura 1, que el almidón fue extraído de cada lote de manera cualitativa, por lo que la cantidad de almidón presente en el producto será un valor circunstancial.

Los valores de almidón reportados para las variedades Yurimagua y Guatuso son 66,6 ± 0,3g/100g y 62,31 ± 18,5g/100g respectivamente. Rojas (2010) reporta un valor de 66 ± 2g/100g, valor muy similar al encontrado en las variedades estudiadas. Se nota en estos resultados que a pesar de haber extraída buena cantidad de almidón en los lavados iniciales, el producto analizado sigue conteniendo una cantidad de almidón que se encuentra entre los valores normales, comparándolo con los resultados de pejibaye entero.

La variabilidad del contenido de almidón en el pejibaye es muy alta, puede presentar valores de 64 a 82% b.s. (Blanco *et al.,* 1990; Murillo & Kronenberg, 1983; Rojas, 2010). La cantidad de almidón presente en el pejibaye es considerada alta, tanto así que puede ser utilizado como un cereal, sustituyendo el pan o tortilla por un fruto de pejibaye, pues su aporte de almidón es comparable.

Es importante recordar que el papel del almidón tiene un lugar muy importante cuando se está hablando acerca de sustitutos de grasa. Pues una de sus características más importantes es la capacidad que tienen sus gránulos para absorber agua y expandirse. Con esto se logra ligar agua en el producto final dándole una consistencia más firme (Zhang *et al.,* 2013). Por esta razón, se espera que el producto fibroso, seco y molido posea una alta CRA y sea un buen sustituto de grasa en productos como embutidos.

Con respecto al contenido de carbohidratos totales encontrados, Cuadro VI, se tienen valores de 82,5 ± 6,9g/100g y 81,9 ± 10,3g /100g para Yurimagua y Guatuso respectivamente. Dentro de los componentes de los carbohidratos se tiene el almidón, la celulosa, la hemicelulosa y otros carbohidratos, por lo que era de esperar que este valor fuera más alto que el reportado para el almidón. Al observar el Cuadro 1, se observa que los valores reportados para carbohidratos varían desde 34,5 – 83,4g/100g, lo que lleva a dos conclusiones, una vez más se evidencia la variabilidad del pejibaye y además se destaca que las variedades estudiadas tienen un porcentaje de carbohidratos totales alta, de los cuales una gran proporción corresponde a almidón (Rojas, 2010; Mora-Urpí, *et al*., 1997).

Es importante también recalcar que el almidón se le analizó al producto fibroso, seco y molido por lo que no se esperaría tener el mismo resultado en la materia prima, pues con los lavados sucesivos realizados con agua para extraer el almidón, se esperaría un contenido mayor en la materia prima.

Con respecto al análisis estadístico, como se observa en el Cuadro VII, no se encontraron diferencias significativas para los análisis de humedad, ceniza, grasa, proteína, carbohidratos ni almidón, el análisis posterior a no encontrar ninguna diferencia significativa ser muestra en el Cuadro VII

Cuadro VII. Datos estadísticos importantes del análisis químico del producto fibroso seco y molido.

Prueba	Probabilidad	Potencia	Número de repeticiones
Humedad	0,61	0,94	NA
Ceniza	0,78	0,60	5
Grasa	0,79	1,00	NA
Proteína	0,8949	0,72	NA
Carbohidratos	0,8447	1,00	NA
Almidón	0,0854	0,63	5

NA: No aplica pues la potencia de la prueba > 0,70

Para el análisis de cada resultado se realizó un análisis de varianza que buscó diferencias entre las variedades estudiadas. Al no haber diferencias significativas entre variedades se realizó un análisis estadístico en el programa JUMP que arroja la potencia de la prueba.

Según la experiencia de investigadores en el campo de alimentos, una potencia mayor a 0,7 es suficiente para afirmar que las probabilidades de no cometer el Error tipo II, estadísticamente hablando, es suficientemente baja para comprobar la significancia de los resultados. Por el contrario una potencia menor a 0,7 arroja dudas por lo que se recomienda calcular un número de muestras que se tendrían que realizar para llevar a 0,7 la potencia de la prueba.

El hecho de cometer el denominado Error tipo II se trata de no rechazar la hipótesis nula cuando en realidad es falsa. Por ejemplo afirmar que no hay diferencias significativas entre variedades cuando en realidad sí las hay.

Por esta razón se calculó el número de muestras de los análisis que tuvieron una potencia menor a 0,7. Los resultados se muestran en el Cuadro VII, se indica en ellos que para el análisis de ceniza es recomendable tener un número de 5 muestras.

En general, con los resultados de la caracterización del producto se hallan ciertas diferencias ya sea entre las variedades o al ser comparados con la literatura. La variación observada entre variedades así como con lo reportado por otros autores demuestra la importancia de determinar la composición química de cada variedad existente de pejibaye por su potencial interés para los consumidores o para la agroindustria. Con resultados más exactos y precisos se puede mejorar la producción y el aprovechamiento del pejibaye para el beneficio de todos (Yuyama *et al*., 2003).

Otro factor importante es que puede afectar la comparación de los resultados es la metodología utilizada para los análisis, pues condiciones de tamaño de partícula, tiempo, temperaturas, reactivos o condiciones de la materia prima como tiempos de almacenamiento y grado de madurez podrían interferir en los resultados de los análisis realizados; los cuales deberían ser tomados en cuenta para posteriores estudios (Canales, 2013).

Además de los análisis físicoquímicos realizados al producto fibroso, seco y molido que se mencionaron, también se determinó el tamaño de partícula de ambas variedades de pejibaye utilizadas, los resultados se detallan en la Figura 6.

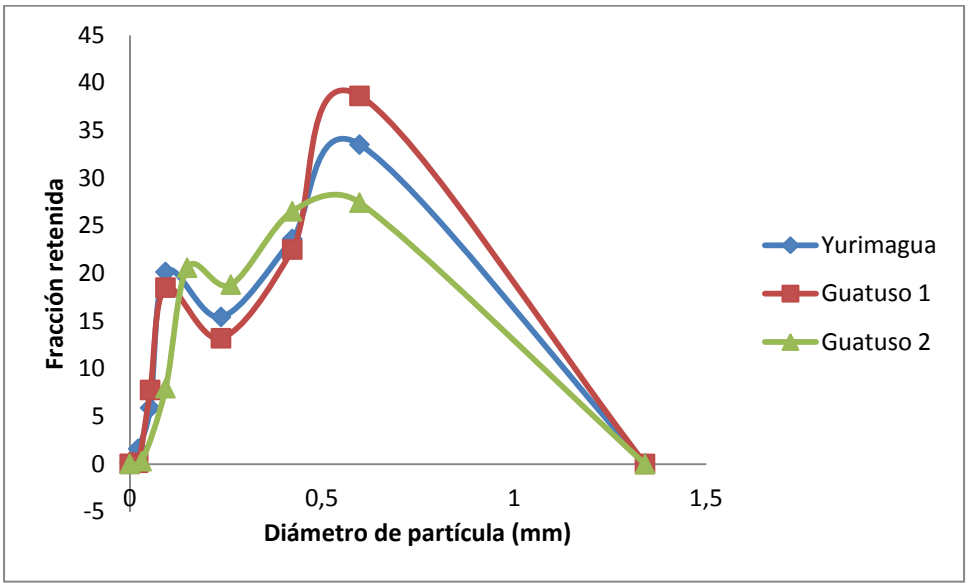

Figura 6. Fracción de masa retenida en función del diámetro de partícula de dos variedades de pejibaye

De acuerdo al análisis de tamaño de partícula que se realizó a partir del residuo fibroso, seco y molido de pejibaye en un molino de martillos, se obtuvo que para ambas variedades, la fracción mayoritaria mostrada en la Figura 5 muestra que los diámetros de las partículas oscilan entre los 0,701 - 1,981mm.

A lo largo de los resultados obtenidos en la caracterización del residuo fibroso, seco y molido se ha demostrado lo diferentes que son ambas variedades, incluso a simple vista existen diferencias importantes tanto en variedades y entre lotes de la misma variedad. En la Figura 5 se muestra que a pesar de estas diferencias, cuando se habla del tamaño de partícula, ambas se comportan de manera muy similar, pues la distribución que presentan ambas variedades es bastante parecida.

En la Figura 5 se muestran dos crestas en la distribución; sin embargo, la segunda cresta corresponde al rango donde se encuentra la mayoría del producto, con un diámetro de partícula de 1,341mm. Se puede decir que ambas variedades se comportan de manera similar en cuanto a tamaño de partícula se refiere.

5.3 Evaluación de las propiedades funcionales del producto fibroso, seco y molido de dos variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes*) para el establecimiento de los posibles grados de sustitución de grasa por el ingrediente de pejibaye

La estructura química y las propiedades físico químicas de la fibra son importantes para las propiedades funcionales y nutricionales. No solamente se debe considerar la cantidad sino también el tipo de fibra con el que se está trabajando (Femenia *et al*., 1997).

La pared celular de los tejidos vegetales está conformada por un complejo macromolecular de pectina, celulosa, hemicelulosa y proteínas. Esta pared celular está formada por polisacáridos parietales que conforman la fibra dietética los cuales no pueden ser digeridos por las enzimas digestivas del organismo humano (Rojas, 2010).

Los resultados obtenidos de las determinaciones de MIA, MIAA, pectina hidrosoluble y almidón se muestran en el Cuadro VIII.

Cuadro VIII. Propiedades funcionales del producto fibroso seco y molido de dos variedades de pejibaye para determinar su funcionalidad como sustituto de grasa: material insoluble en agua (MIA), material insoluble en agua y alcohol (MIAA), pectina hidrosoluble y almidón y proteína encontrados en la fracción de MIAA.

Análisis	Variedad		Harina de pejibaye cocido sin cáscara (Rojas, 2010)
	Yurimagua	Guatuso	
MIA (g/100 g b.s.)	99,6 ± 0,4[a]	98,3 ± 6,0[a]	31,6 ± 1,7
MIAA (g/100 g b.s.)	93,7 ± 1,2[a]	77,3 ± 2,8[a]	13,8 ± 0,8
Pectina hidrosoluble (g/100 g b.s.)	6,2 ± 1,8[a]	21,1 ± 3,1[b]	NR
Almidón de MIAA (g/100 g b.s.)	61,7 ± 0,1[a]	71,0 ± 1,2[a]	80,1
Proteína de MIAA (g/100 g b.s.)	1,8 ± 0,1[a]	1,4 ± 0,1[a]	1,3

Letras diferentes dentro de una misma fila indican diferencias significativas con una $\alpha<0,05$.
NR: no reportado.

El primer análisis mostrado en el Cuadro VIII corresponde al material insoluble en agua (MIA), para la variedad Yurimagua el resultado fue de 99,6 ± 0,4g/100g, para Guatuso de 98,3 ± 6,0g/100g. Esta cantidad de material insoluble en agua a su vez está compuesta de MIAA y pectina soluble. El contenido de material insoluble en agua y en alcohol (MIAA) con un 93,7 ± 1,2g/100g y 77,3 ±

2,8g/100g y el de pectina soluble 6,2 ± 1,8g/100g y 21,1 ± 3,1g/100g para Yurimagua y Guatuso respectivamente.

El contenido de MIA y MIAA encontrado en el producto fibroso, seco y molido representa un hallazgo importante que permite clasificar a este producto como un alimento alto en fibra. Incluso las variedades específicas estudiadas tienen un contenido importante al compararlo con los resultados de Rojas (2010). Se debe recordar que en un principio el almidón presente en el fruto fresco de pejibaye fue extraído, por lo que es de esperarse que los resultados en el producto fibroso, seco y molido sean más altos que los encontrados por Rojas (2010) pues estos se analizaron completos, sin extraer ningún componente.

Otros autores reportan contenidos de MIA y MIAA en otras matrices encontrando los siguientes resultados mostrados en el Cuadro IX.

Cuadro IX. Valores de MIA para diferentes matrices alimentarias.

Producto	MIA
Mora (g/100 g b.s.)	26,3
Manzana (g/100 g b.s.)	2
Papaya (g/100 g b.s.)	2,6
Mango (g/100 g b.s.)	2,5
Piña (g/100 g b.s.)	1,3
Pera (g/100 g b.s.)	1,5
Zanahoria (g/100 g b.s.)	2,4
Mora (g/100 g b.s.)	0,74
Pitahaya (g/100 g b.s.)	12,9

Fuente: Cozanno (2007); Voragen, *et al.* (1983); Florez, *et al.* (2003); Dávila (2007)

Los datos mostrados en el Cuadro VIII una vez más demuestran la riqueza de materiales insolubles en agua encontrados en ambas variedades de pejibaye.

El contenido de MIAA corresponde básicamente a polisacáridos como celulosa, hemicelulosa, pectinas estructurales y lignina los cuales son parte de la fibra dietética (Rojas, 2010, Cordero, 2010). Con estos resultados se puede decir que el producto fibroso, seco y molido analizado es un producto rico en fibra y podría traer beneficios tanto tecnológicos en la industria alimentaria como beneficios a la salud de los consumidores del mismo.

En cuanto al contenido de MIAA específicamente, Rojas (2010) reporta un valor encontrado de 13,8 ± 0,8g/100g para la harina de pejibaye con cáscara y Florez *et al*. (2003) reporta un 0,63% b.s. para maracuyá. De nuevo los aportes del producto en cuestión superan de sobremanera lo encontrado en otras matrices alimenticias.

Con respecto a los valores encontrados para almidón de la MIAA, se encontraron valores de 61,7 ± 0,1g/100g y 71,0 ± 1,2g/100g para las variedades de Yurimagua y Guatuso respectivamente. Rojas (2010) por su parte encontró un valor de 80,1g/100g en sus análisis, esta diferencia encontrada se puede deber a la extracción de almidón que se realizó al inicio del procesamiento del producto fibroso, seco y molido.

De igual manera en el Cuadro VIII se reportan los valores de proteína perteneciente a la fracción de MIAA. Los valores para Yurimagua y Guatuso fueron 1,8 ± 0,1/100g y 1,4 ± 0,1/100g respectivamente. Rojas (2010) reporta un valor de 1,3/100g en harina completa de pejibaye, valor similar al encontrado para las variedades en estudio. Esta proteína presente en la fracción de MIAA corresponde a proteína que resulta insoluble en disolventes de agua y compuestos alcohólicos por lo que estaría disponible para ser digerida en el sistema digestivo (Rojas, 2010).

Ahora bien, con respecto a los sustitutos de grasa todos estos componentes analizados son esenciales para darse una idea de si la sustitución en una matriz alimentaria va a ser exitosa. Existen estudios que demuestran el potencial de añadir fibra a los alimentos a modo de sustituir parte de grasa considerando por supuesto las posibles interacciones que vayan a tener con otros componentes (Femenia *et al*., 1997).

La presencia de pectina hidrosoluble en un componente que se encargará de sustituir grasa en un producto es determinante pues entre sus propiedades más relevantes se encuentra la gran capacidad de ligar agua lo que les permite funcionar como espesantes, estabilizantes y gelificantes. Además, estos componentes proporcionan textura y características físicas como opacidad que permitirá obtener un producto con características similares a los de la grasa (Sanders, 1993; Cordero, 2010).

Los valores de pectina hidrosoluble encontrados en el producto fibroso, seco y molido de dos variedades de pejibaye (Cuadro VIII) son 6,2 ± 1,8g/100g y 21,1 ± 3,1g/100g para Yurimagua y

Guatuso respectivamente. Cabe destacar que es el único parámetro que es diferente significativamente entre variedades, lo cual se le puede atribuir a la gran variabilidad de la matriz como lo es el pejibaye (Mora –Urpí *et al*., 1997; Clement, 1995).

Un sustituto de grasa utilizado en la industria es el puré de manzana que posee un contenido de pectina de 9,2 a 12,8% (b.s.); otro producto estudiado como sustituto de grasa es el puré de chayote, que contiene entre 14,5 y 21,06% (b.s.) de pectina soluble. (Gullon *et al*., 2007; Cordero, 2010). Estos valores son considerablemente menores a los valores encontrados en las variedades de pejibaye analizadas. Por lo tanto se puede considerar al producto fibroso, seco y molido de pejibaye un buen sustituto de grasa cuando se toma en cuenta la cantidad de pectina presente en el producto.

En estudios realizados a productos diferentes a pejibaye se reportan valores de almidón de manzana de 15% (b.s.) y en puré de chayote desde 31,5 a 33,12% (b.s.); productos que se utilizaron como sustitutos de grasa en productos alimenticios (Gullon *et al*., 2007; Cordero, 2010). Al comparar estos valores con los obtenidos para el producto fibroso, seco y molido se nota que los valores de éste son considerablemente altos lo que lleva a considerar este producto como un buen sustituto de grasa.

Los almidones son utilizados ampliamente como sustitutos de grasa, estos proveen la sensación de estar consumiendo un producto grasoso cuando en realidad se tiene un producto reducido o sin grasa. Existen dos tipos de almidones utilizados como sustitutos de grasa, los almidones digeribles y los almidones no digeribles (Liu *et al*., 2008).

Con respecto a los componentes derivados del MIAA, celulosa, hemicelulosa y lignina que en un principio se deseaban determinar; resultó que la cantidad de almidón presente en la MIAA fue mayor a lo esperado (Cuadro VIII), creando interacciones indeseables para poder cuantificar los valores presentes en el producto fibroso, seco y molido. Rojas (2010) reporta de igual manera este inconveniente en su estudio y se le imposibilita la opción de cuantificar estos componentes.

Al observar los resultados solamente de MIAA para ambas variedades se puede decir que el producto obtenido tiene un alto contenido de fibra por lo que resulta en un potencial buen sustituto de grasa (Rojas, 2010).

Bengtsson *et al*. (2011) estudiaron el comportamiento de una salchicha al sustituir parte de su contenido graso por fibra dietética de papa. Los resultados mostraron un aumento en la firmeza y el compactamiento de la salchicha. Este efecto lo atribuyen al alto contenido de fibra dietética pues ésta crea una red fibrosa que mejora la textura de la salchicha que no interfiere con la red proteica formada en la carne de la salchicha.

Es importante hacer notar nuevamente los altos contenidos de almidón y MIAA obtenidos, por lo que cabría recomendar realizar una determinación de fibra dietética del producto fibroso, seco y molido pues podría brindar aportes positivos desde el punto de vista nutricional y tecnológico.

Otros factores altamente importantes para determinar la funcionalidad de un producto como un posible sustituto de grasa son la capacidad de retención agua (CRA) y la capacidad de retención de grasa (CRG). Los resultados de estos análisis para el producto en estudio se muestran en el Cuadro X.

Cuadro X. Valores de capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de retención de grasa (CRG) para dos variedades de pejibaye.

Análisis	**Variedad**		**Harina de Plátano (Morales-Torres, 2013)**
	Yurimagua	**Guatuso**	
CRG (g/g b.s.)	1,1 ± 0,3[a]	1,0 ± 0,2 [a]	0,79 ± 0,01
CRA (g/g b.s.)	4,5 ± 0,4 [a]	4,1 ± 0,3 [a]	1,56 ± 0,03

Letras diferentes dentro de una misma fila indican diferencias significativas con una $\alpha<0,05$.
NR: no reportado.

Los análisis mostrados en el Cuadro X (CRA y CRG) son de suma importancia como propiedades funcionales en cuanto a una sustitución de grasa se refiere. Estas características están relacionadas a la estructura de los constituyentes de los polisacáridos y puede ser influenciada por la porosidad, el tamaño de la partícula, la forma iónica, el pH, la temperatura y la fuerza y el tipo de ión. En productos altamente fibrosos, como en este caso, las propiedades de hidratación y retención de grasa son los principales responsables de dar al producto la textura y un aumento de volumen deseado (Femenia *et al*., 1997).

Los resultados expuestos en el Cuadro X muestran que el pejibaye tiene una CRA de 4,5 ± 0,4 g/100g y 4,1 ± 0,3g/100g para Yurimagua y Guatuso respectivamente. En respecto a la CRG se encontraron valores para ambas variedades en igual orden de 1,1 ± 0,3g/100g y 1,0 ± 0,2 g/100g.

Actualmente no existen reportes de estas propiedades (CRA y CRG) en una matriz de pejibaye. Sin embargo, se encontraron datos en otras matrices alimentarias propuestas como sustitutos de grasa. Dentro la las investigaciones más recientes se encuentra la de Morales-Torres (2013) quien analizó el CRA y CRG de harina de plátano encontrando un promedio de 1,56g/g y 0,792g/g respectivamente. Canales (2013) analizó estos datos para zanahoria y reporta una CRA promedio de 30,1g/g y una CRG de 3,1g/g. Además Canales (2013) recopiló los datos de varias características físico química, entre ellas la CRA y CRG de diversas fibras comerciales comercializadas en el país. Los datos se muestran en el Cuadro XI.

Cuadro XI. Capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de retención de grasa (CRG) de distintas fibras comercializadas en el país.

Fuente de fibra	CRA (g agua/g b.s.)	CRG (g agua/g b.s.)	Ficha Técnica
Trigo	4,2 - 5,5	3,7	VITACEL® Wheat Fiber (JRS, s.f.-g)
Celulosa	Aprox. 4,7	Aprox. 3,4	VITACEL® Powdered Cellulose (JRS, s.f.-f)
Avena	4,3 - 6,0	3	VITACEL® Oat Fibre (JRS, s.f.-c)
Bambú	Mín 4,5	Mín 3,3	VITACEL® Bamboo Fibre (JRS, s.f.-a)
Manzana	5	No indica	VITACEL® Apple Fibre (JRS, s.f.-a)
Guisantes	6,0 - 9,0	2,0 - 3,0	VITACEL® Pea Fibre (JRS, s.f.-d)
Papa	Aprox. 12,0	2,5	VITACEL® Potato Fibre (JRS, s.f.-e)

Fuente: Canales (2013)

Al hacer una comparación de los datos encontrados para CRA del producto analizado de pejibaye contra reportados por Canales (2013) para un preparado de fibra de zanahoria y los de distintas fibras comercializadas en el país (Cuadro XI), se puede observar que los valores del producto fibroso, seco y molido son similares a los reportados para las distintas fibras comerciales disponibles. Por lo tanto es de suma importancia estudiar el comportamiento que tendrá el producto cuando se utilice como sustituto de grasa, pues la retención de agua es una de las características más importantes en este tipo de productos.

Distintamente sucede con la CRG del producto fibroso, seco y molido; pues los valores encontrados son menores que cualquiera de los productos reportados en la literatura lo cual podría afectar negativamente a la hora de utilizarlo como sustituto de grasa.

En cuanto al análisis estadístico realizado para las distintas propiedades funcionales, se determinó la potencia de cada análisis realizado para los casos en que no se encontraron diferencias significativas entre las variedades. Los resultados se muestran en el Cuadro XII.

Cuadro XII. Potencia asociada a la prueba de las propiedades funcionales del producto fibroso seco y molido de pejibaye para determinar su funcionalidad como sustituto de grasa: CRA, CRG, MIA, MIAA, almidón de MIAA y proteína de MIAA.

Prueba	Probabilidad	Potencia	Número de repeticiones
MIA	0,80	0,67	5
MIAA	0,11	1,00	NA
CRA	0,18	1,00	NA
CRG	0,83	0,38	7

NA: No aplica pues la potencia de la prueba > 0,70

De acuerdo con los datos mostrados en el Cuadro XII, la potencia calculada para MIA, CRG y almidón están por debajo de 0,7 que es el mínimo de potencia aceptada cuando se trabaja con alimentos. Por esta razón se calculó el número de muestras mínimo que se necesitarían para llegar a una potencia de 0,7. Se recomienda realizar los análisis con un tamaño de muestra de 5 y 7 para MIA y CRG respectivamente para así aumentar la potencia de la prueba.

5.4 Evaluación del porcentaje de adición del producto fibroso, seco y molido de dos variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes*) para el establecimiento de los posibles grados de sustitución de grasa en un gel modelo cárnico.

Se realizaron distintas formulaciones de un gel modelo cárnico sustituyendo parte de la grasa que lleva la formulación original por distintos porcentajes del producto fibroso, seco y molido (Cuadro III) para evaluar el comportamiento en cuanto a la estabilidad, textura y color.

Se elaboró a manera de control un gel modelo que no llevara en la formulación ninguna cantidad de producto fibroso, seco y molido. El producto obtenido resultó tener la textura de una salchicha ordinaria. En su estructura no se observaban partículas sueltas y todo el producto estaba ligado entre sí, como es de esperar en un embutido (Coretti, 1971).

A la hora de elaborar los geles modelo utilizando los diferentes grados de sustitución se empezaron a producir defectos de ligazón y consistencia. Durante la elaboración de un embutido crudo, las partículas de carne junto con el resto de los ingredientes deben aglutinarse en un todo, de tal forma que el embutido adquiera cierta consistencia que luego permita cortar las piezas en rodajas (Coretti, 1971). Estas características a la hora de elaborar los geles modelo no se observaron.

Al encontrar estos imprevistos para realizar los geles modelos, se decidió realizar distintas pruebas para encontrar la causa de tales resultados, los resultados se muestran en las Figuras 7, 8, 9 y 10 mostradas a continuación.

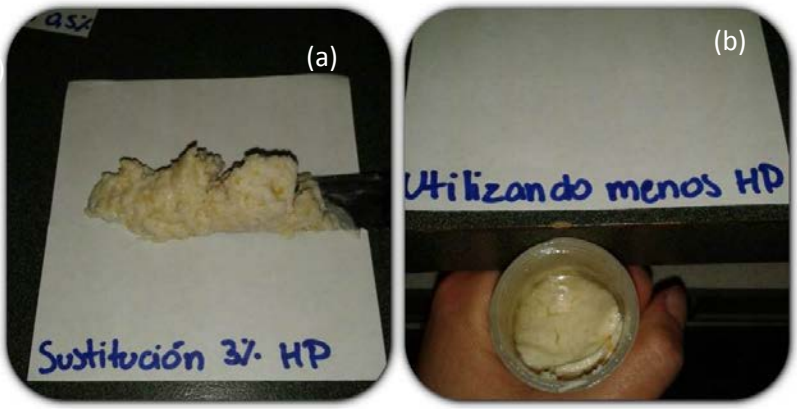

Figura 7. Modelos cárnicos elaborados utilizando producto fibroso, seco y molido de pejibaye (a) Haciendo una sustitución del 3% (b) Utilizando producto fibroso, seco y molido al 0,5%.

En la Figura 7, se muestran los resultados de las primeras dos pruebas realizadas. En la Figura 6 (a) se observa el gel modelo después de haber hecho una sustitución del 3% con producto fibroso, seco y molido a partir de pejibaye. El resultado fue el mismo para todas las formulaciones

previstas; o sea, utilizando producto fibroso, seco y molido en grados de sustitución de 1, 2 y 2% como se muestra en el Cuadro III.

Estudiados los resultados se decidió utilizar el grado de sustitución menor planeado en las formulaciones. Se utilizó entonces una sustitución con producto fibroso, seco y molido al 0,5%; bajo la duda de si la sustitución en el producto pudiera hacer sido muy agresiva y que con una menor cantidad se obtuvieran mejores resultados. Sin embargo, como se muestra en la Figura 7 (b), los resultados fueron los mismos. Se obtuvo un producto sin la textura deseada y una evidente sinéresis.

Los resultados obtenidos en esta prueba no eran los esperados. Como se analizó anteriormente los contenidos de fibra dietética en el producto fibroso, seco y molido se espera sean altos debido a los contenidos de MIAA. Se sabe que debido al pH de las salchichas las proteínas de la carne de este producto deberían estar cargadas negativamente mientras que la fibra dietética debería estar cargada ya sea negativamente o neutra, lo que significa que no deber de haber interacciones entre los carbohidratos de la fibra dietética y la carne (Bengtsson *et al*., 2011).

A pesar de que para realizar las formulaciones propuestas en el Cuadro III se tomó en cuenta la CRA y CRG para ajustar los valores del agua y aceite añadidos al gel modelo, para la siguiente prueba se reformuló tomando en cuenta solamente la mitad de la CRA del producto fibroso, seco y molido y tomando en cuenta la grasa que aportaba en sí el producto fibroso, seco y molido. Por lo tanto se realizaron dos modelos más tomando en cuenta estas consideraciones. La Figura 8 muestra los resultados.

Figura 8. Modelos cárnicos elaborados utilizando producto fibroso, seco y molido de pejibaye (a) Tomando en cuenta la mitad de la CRA del producto fibroso, seco y molido (b) Tomando en cuenta la cantidad de grasa que posee el producto fibroso, seco y molido.

Para la prueba mostrada en la Figura 8 (a) se realizó tomando en cuenta la mitad de la cantidad de agua que lograba retener el producto fibroso, seco y molido; por lo que al ajustar la formulación la cantidad de agua agregada en esta prueba fue menor, asegurándose de que toda el agua agregada iba a ser absorbida y se evitaría la sinéresis que pudiera provocar agregar un exceso de agua.

En la Figura 8 (b), se tomó en cuenta el aporte de grasa que hace el producto fibroso, seco y molido; esto con el mismo fin, no agregar más grasa de la que fuera necesaria al producto, inclusive la cantidad de agregada se redujo. Los resultados en ambos casos fueron los mismos. La consistencia del producto terminado seguía siendo defectuosa, pues el producto seguía quedando desligado y mostraba sinéresis.

En vista de los resultados obtenidos se procedió a tomar en cuenta factores propios del pejibaye que pudieran estar interviniendo en la no formación de la consistencia deseada. Se realizaron cuatro pruebas bajo este supuesto y los resultados se muestran en la Figura 9.

Figura 9. Modelos cárnicos elaborados utilizando producto fibroso, seco y molido de pejibaye (a) Utilizando ácido ascórbico al 0,5% (b) Utilizando producto fibroso, seco y molido autoclavado (c) Utilizando metabisulfito al 0,3% (d) Utilizando metabisulfito al 0,5%.

Para comprender el motivo de las pruebas seleccionadas es importante retomar el concepto de factores antinutricionales (FAN). Dentro del pejibaye están presentes los FAN, estos se definen como sustancias no fibrosas que pueden interferir en la absorción de nutrientes, así como modificar la estructura de ciertos componentes de tal manera que varía la estructura de los mismos (Rojas, 2010). Por lo tanto, de estar presentes estos componentes podrían modificar algún componente importante a la hora de la formación del gel modelo.

En busca del algún FAN además de los expuestos en la literatura se pensó en las quinonas presentes en el café, quienes se pueden combinar con las proteínas modificando sus propiedades biológicas, lo cual podría afectar a la hora de elaborar el gel modelo. Se han realizado estudios en donde se demuestra que en presencia de un exceso de agentes reductores tales como el ácido ascórbico estos compuestos se reducen a su forma original (Murillo *et al*., 1977; Kader *et al*., 1999).

Se realizó entonces una prueba agregando el residuo fibroso, seco y molido al 1% y además añadiendo a la formulación ácido ascórbico al 0,5%. Los resultados se muestran en la figura 9 (a). Los resultados obtenidos no son satisfactorios pues nuevamente no se llega a la consistencia deseada.

Retomando lo reportado por la literatura acerca de los FAN conocidos y presentes en el pejibaye, se decide realizar otra prueba tratando de controlar este factor lo mejor posible. Según Rojas (2010), los FAN son desactivados si se le da un tratamiento de cocción al pejibaye a 115°C por 15 minutos como mínimo. A pesar de que en el proceso de elaboración se cocinó el producto, y se supone que se desactivaron los FAN, se toma la decisión de autoclavar el producto fibroso, seco y molido. El autoclavado llega hasta una temperatura de 121°C por un período de una hora. Con este tratamiento se garantiza que los FAN quedarán desactivados.

La Figura 9 (b) muestra los resultados al elaborar el gel modelo utilizando el producto fibroso, seco, molido y autoclavado; estos resultados demuestran que la inactivación de lectinas o inhibidores de tripsina no son los responsables de la no formación correcta del gel modelo.

Nuevamente se indaga acerca de algunos otros FAN presentes en el café. Se halla que el café posee otros tipos de FAN además de las quinonas, que pertenecen al grupo de los compuestos fenólicos libres, como por ejemplo la cafeína y los taninos. Estos FAN tienen el mismo efecto que las lectinas y los inhibidores de tripsina en cuanto a que modifican la estructura de ciertos componentes e impiden la absorción de nutrientes durante la digestión (Murillo *et al*., 1977).

Murillo *et al*. (1977), realizó un estudio en donde evaluó la adición de bisulfito en café con el objetivo de bloquear estas reacciones enzimáticas indeseables.

Se realizaron dos pruebas agregando diferentes cantidades de metabisulfito de sodio a la formulación del gel modelo que contenía el producto fibroso, seco y molido. Los resultados de la adición de metabisulfito de sodio al 0,3 y 0,5% se muestran en la Figura 9 (c) y (d). Para ambos casos la consistencia del producto final no se logró pues no se obtiene la consistencia deseada.

Es importante recalcar que debido a la variabilidad del pejibaye de la que se ha venido discutiendo durante todo el documento, en las pruebas realizadas para tratar de obtener el gel, cuyos resultados se presentaron en las Figuras 7, 8 y 9 se utilizaron los productos fibrosos, secos y

molidos de ambas variedades y de distintos lotes para descartar que fuera por las características individuales de cada producto fibroso, seco y molido la razón de que el gel no se estuviera formando.

Finalmente se decide realizar una prueba utilizando harina de pejibaye entera, esto quiere decir que para la elaboración de esta harina no se le extrajo el almidón ni ningún otro componente. Además para su elaboración el pejibaye se coció con cáscara y después se molió para secarlo con aire caliente. Los resultados de la elaboración de gel modelo con harina de pejibaye se muestran en la Figura 10.

Figura 10. Modelo cárnico elaborado utilizando harina de pejibaye completa

En la Figura 10 se muestra el modelo cárnico elaborado con harina de pejibaye entera. Se adicionó esta harina al 2% de acuerdo al Cuadro III (Metodología). Se determinó que por las propiedades del almidón, este componente podría ser determinante en la formación del gel modelo, por lo que se realizó la prueba con harina que contuviera toda la fracción de almidón. Los resultados fueron que finalmente se dio con la textura deseada para el gel modelo, este no tenía problemas de separación de los ingredientes y su consistencia fue exitosa.

Ahora bien, al observar los datos del Cuadro VI, se determina que el contenido de almidón del producto fibroso, seco y molido es alto, de hecho se encuentra dentro del rango de pejibaye entero al que no se le ha extraído almidón. Por esta razón cabe preguntarse cuál fue la verdadera causa del éxito de utilizar esta harina de pejibaye completa.

Haciendo un análisis del procesamiento de la harina de pejibaye completa utilizada en la elaboración del gel modelo que resultó con las características deseadas, se nota que el procesamiento fue distinto al del producto fibroso, seco y molido en varias etapas. La principal sospecha recae en que para elaborar la harina de pejibaye completa se cocinó el pejibaye entero, incluso con cáscara. Diferente se hizo al elaborar el producto fibroso, seco y molido; pues este se lavó con agua para extraer el almidón antes de su cocción.

El almidón es una mezcla de dos glucanos, amilosa y amilopectina en distintas proporciones dependiendo de su procedencia. Las moléculas de amilosa son las responsables de la llamada gelatinización del almidón, pues cuando se calienta el almidón y se enfría nuevamente, estas cambian su estructura (Belitz & Grosch, 1997).

Lo que se presume que sucedió con el producto fibroso, seco y molido es que el almidón presente se gelatinizó durante la cocción, pues todo almidón estaba en contacto con agua. Se cree que en la elaboración de la harina de pejibaye completa, la cáscara proporcionó algún tipo de protección al almidón para que este no cambiara su configuración y funcionara como emulsificante en la elaboración del gel modelo.

La temperatura de gelatinización es otro aspecto importante a tomar en cuenta acerca del almidón. En el caso del producto tratado en este estudio esta no se conoce. Por lo que cabe la posibilidad de que ésta sea mayor a 72°C, lo cual no sería conveniente desde el punto de vista tecnológico pues los equipos y materiales adecuados a esta industria están diseñados para esta temperatura específica.

A lo largo del trabajo se ha hablado acerca del proyecto “Aprovechamiento de materias primas costarricenses como fuente alternativa de producción de almidones para uso en la industria de alimentos” (Murillo, 2014). El almidón extraído fue analizado y se obtuvo un resultado parcial de amilosa y amilopectina de dos lotes que fueron utilizados en este estudio (Cuadro XXVI, anexos). En estos resultados se muestra que la variedad Yurimagua contiene un porcentaje de amilosa de 51,5% de amilosa y un 48,5% de amilopectina. Por su parte la variedad Guatuso contiene un 12,7% de amilosa y un 87,3% de amilopectina.

Como se sabe la amilosa y la amilopectina son los componentes principales del almidón y aunque ambas están compuestas de unidades de D-glucopiranosas sus propiedades y características son bastante distintas (Mitolo, 2005).

Al tener los resultados de amilosa y amilopectina para ambas variedades tan diferentes, esto deja la interrogante de si tendrá algo que ver con la textura obtenida en los geles modelo realizados con el producto fibroso utilizado. Es de suma importancia en el campo de los alimentos tomar en cuenta el procesamiento que se va a llevar a cabo para obtener el producto final pues operaciones como homogenización a altas velocidades, bombeo, extrusión, entre otras, pueden causar estrés a las moléculas de almidón e impedir que estas gelifiquen de la manera deseada(Mitolo, 2005).

Al respecto Yang & Park (1998) realizaron un estudio en donde midieron varias características en un gel almidonado de surimi. Estos concluyeron que las influencias que tiene el almidón adicionado dependen tanto de la concentración y el tipo de modificaciones que haya sufrido el almidón adicionado, así como de la relación de amilosa y amilopectina que este posea. Los autores afirman que a mayor cantidad de amilopectina presente en el almidón, mayor será la fuerza del gel.

Los gránulos de almidón tienen varias propiedades importantes a la hora de considerar a un producto rico en almidón como un sustituto de grasa. Dentro de estas consideraciones está la de absorción de agua. Cuando el almidón se pone en contacto con agua y calor, tal y como fue tratado para obtener el producto fibroso en cuestión, estos tienden a hidratarse lo que lleva a formar una dispersión viscosa. Esta hidratación llega hasta un punto máximo que eventualmente termina en una ruptura del gránulo de almidón (Mitolo, 2005). Por todas estas razones sería apropiado hacer un análisis del almidón contenido propiamente en el producto utilizado para hacer las sustituciones de grasa en los geles modelo para así conocer sus características y obtener conclusiones concretas sobre este aspecto.

Otro aspecto importante durante la formación del gel en la obtención de los modelos cárnicos es la interacción de la proteína miofibrilar proveniente de la carne con otras proteínas no provenientes de la carne podrían resultar en el impedimento del desdoblamiento adecuado de las proteínas provenientes de la carne que impedirían la formación del gel. Se dice que es suma

importancia comprobar la interacción que existe entre las proteínas cárnicas y no cárnicas a la hora de la formación del gel (Hoogenkamp, 1992).

La textura y la capacidad de retención de agua de los productos cárnicos son determinadas principalmente por las miofibrillas y el tejido conectivo. Sin embargo, las variables del procesamiento como la calidad de la carne, la temperatura, y la interacción de otros ingredientes influyen significativamente en el producto final (Hoogenkamp, 1992). Por lo anterior durante la elaboración de los geles modelo no cabe duda que alguna interacción entre el las proteínas cárnicas del pollo utilizado con algún componente del producto fibroso, seco y molido sucedió de tal manera que el gel no se formó adecuadamente.

Otro aporte importante es el de Bengtsson *et al*. (2011) quienes utilizaron fibra de papa en diferentes niveles en salchichas y demostraron que el hecho de utilizar un producto alto en fibra fomenta la dureza en la textura del producto final. Por lo que se reduce la probabilidad de que el alto contenido de fibra que se tiene en el producto analizado en esta investigación sea el causante de sinéresis que mostraron los geles modelos de las Figuras 7, 8 y 9.

Si bien es cierto al utilizar esta harina de pejibaye se obtiene el producto final con la textura deseada, no se le puede dar el mérito a la presencia del almidón, pues como los resultados lo demuestran, el producto estudiado también posee un alto contenido de almidón. Además, el gel modelo cárnico control también obtuvo la textura deseada y éste no lleva almidón en su formulación. Por lo tanto está claro que se necesitan realizar más pruebas para determinar cuál es la causa de este fenómeno.

VI. CONCLUSIONES

- No se encontraron diferencias significativas en los análisis de humedad, grasa, proteína, cenizas, almidón, carbohidratos, tamaño de partícula, MIA, MIAA, CRA y CRG en ninguna de las dos variedades utilizadas en la investigación. En promedio los contenidos fueron 5,3 ± 0,8%; 12,0 ± 5,3%; 3,8 ± 0,6%; 0,7 ± 0,1%; 64,5 ± 10,9%; 82,2 ± 8,6; 1,341mm, 85,5 ± 9,6g/100g producto; 98,9 ± 3,5 g/100g producto; 4,3 ± 0,4 g/100g b.s. y 1,1 ± 0,2 g/100g b.s. respectivamente.
- El contenido de almidón hallado en el producto fibroso seco y molido del pejibaye fue de 64,5 ± 10,9% y está en el rango esperado al ser comparado con otros estudios, a pesar de la extracción cualitativa de almidón que se le realizó al producto.
- El producto estudiado presentó un contenido de MIA, MIAA, pectina hidrosoluble y almidón importante que permite clasificarlo como un potencial sustituto de grasa en alimentos y alto en fibra. En el análisis de pectina hidrosoluble fue en el único en donde se encontró una diferencia significativa entre variedades.
- Se encontró un valor para CRG de 1,1 ± 0,3 y 1,0 ± 0,2 para Yurimagua y Guatuso respectivamente en el producto fibroso. Estos valores fueron menores a los esperados al ser comparados con otros productos fibrosos existentes en el mercado.
- Se encontró un valor para CRA de 4,5 ± 0,4 y 4,1 ± 0,3 para Yurimagua y Guatuso respectivamente en el producto fibroso. Estos valores fueron similares con otras fibras de uso comercial disponibles en el mercado nacional.
- Al adicionar el producto fibroso, seco y molido de pejibaye de las variedades Yurimagua y Guatuso no fue posible obtener un gel cárnico estable, por lo que la aplicación de este producto para la elaboración de embutidos donde se reemplace grasa animal por este producto a base de pejibaye no es posible.

VII. RECOMENDACIONES

- Efectuar un estudio de la composición química utilizando un tamaño de partícula conocido y uniforme para disminuir las posibles variables que el tamaño de partícula puede aportar en los análisis.
- Caracterizar el almidón que se encuentra en producto estudiado para determinar si es una posible causa de no haber obtenido la consistencia deseada en el producto final.
- Estudiar el efecto de la aplicación del producto obtenido en este proyecto en otras matrices alimenticias para comprobar su efectividad como sustituto de grasa.
- Realizar un estudio con diferentes edades de madurez del fruto de pejibaye para observar si esto tiene algún efecto sobre la posibilidad de utilizar la fibra de pejibaye como sustituto de grasa en embutidos.
- Realizar un análisis de fibra dietética del producto estudiado para identificar parte de su valor nutricional.
- Realizar un estudio de las interacciones que ocurren durante la elaboración de productos cárnicos y los componentes más relevantes del producto a base de pejibaye estudiado.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

ABUSHITA, A., DAOOD, H. & BIACS, P. 2000. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. Journal of Agricultural of Food Chemistry 48: 2075-2081.

ALFARO, I. 1988. Elaboración de harina de pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K) para consumo animal. Tesis. Lic. En Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Carrera Interdisciplinaria en Tecnología de Alimentos, San José.

ANDERSSON, A., ANDERSSON, K., TONRBERG, E. 2000. A comparison of fat-holding between beefburgers and emulsion sausages. Sci Food Agriculture. 80:555-560.

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18a ed. Métodos 920.151, 920.152, 940.26, 985.29. Association of Official Analytical Chemists, Maryland.

BELITZ, H. & GROSCH, W. 1997. Química de Alimentos. 2 ed. Acribia, Zaragoza.

BARACALDO, R. 1980. El chontaduro o cachipay: un cultivo promisorio de América intertropical. Instituto Colombiano de la Reforma Agraria. INCORA. Ministerio de Agricultura, Bogotá.

BENGTSSON, H., MONTELIUS, C., TORNBERG, E. 2011. Heat-treated and homogenized potato pulp suspensions as additives in low-fat sausages. Meat Science. 88: 75-81.

BLAAK, G. 1976. Pejibaye: Review article. Abstract of Tropical Agriculture 2: 9-17.

BLANCO, A., FERNÁNDEZ, M. & MORA, J. 1992. Pejibaye palm fruit contribution to human nutrition. Costa Rican Institute of Research and Education of Health and Nutrition. School of Biology, University of Costa Rica. Principes 36 (2): 66-69.

BLANCO, A., LOWERY, M., MONTERO, M., MORA – URPÍ, J. & ROJAS, M. 1990. El pejibaye: su uso en la alimentación humana. Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (INCIENSA), San José.

BLANCO, M., MONTERO, C. & FERNÁNDEZ, P., GÓMEZ, G. 1993. Desarrollo de una estrategia para promover el aprovechamiento de pejibaye (*Bactris gasipaes)* en Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica, San José.

BLANCO, M., MONTERO, C. & FERNÁNDEZ, P. 2006. Tabla de composición de alimentos de Costa Rica: macronutrientes y fibra dietética. INCIENSA-SEPAN, San José.

BLANCO-METZLER, A., GÓMEZ-SALAS, G., MONTERO-CAMPOS, M. 1992. Elaboración y evaluación de un alimentos infantil a partir de pejibaye (*Bactris gasipaes)*. Reviteca 1(2): 36-41.

BORDERIAS, A., HAJI, R., SÁNCHEZ, I. 2007. Wheat fiber as a functional ingredient in restructured fish products. Food Chemistry 100 (2007) 1037–1043.

BORTOLUZZI,R.C.; SHIMOKOMAKI, M. & MARANGONI, C. 2009 Avaliacao das características funcionais da fibra da laranja para aplicao em emulsoes de carne de frango. V Congreso Brasileño de Ciencia y Tecnología de Carnes.

BRENES, M. 2010. Aplicación de tratamiento enzimático para el aprovechamiento del pejibaye (Bactris gasipaes) en la obtención de un puré con alto contenido de compuestos bioactivos y su evaluación de aceptación en el mercado. Tesis Lic. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.

BREWER, S. 2012. Reducing the fat content in ground beef without sacrificing quality: A review. Meat Science. 91: 385-395.

BRILLOUET, J., ROUAU, X., HOEBLER, C., BARRY, J., CARRÉ, B. & LORTA, E. 1988. A New Method for Determination of Insoluble Cell Wall and Soluble Nonstarchy Polydaccharides from Plant Materials. Journal of Agricultural and Food Chemistry 36(5): 969-979.

CALZADA, J., CASTRO, V., KRONEBERG, A., MATA, J., MURILLO, M. 1983. Estudio preliminar sobre factores inhibidores de enzimas proteolíticas en la harina de pejibaye. Revista de Biología Tropical. 31(2): 227-231.

CANALES, P. 2013. Obtención de un preparado de fibra con compuestos bioactivos a partir del subproducto derivado de la producción de jugo de zanahoria. Tesis Lic. en Ingeniería de Alimentos. Universidad de Costa Rica, San José.

CHEON-JEI, K.; DOO-JEONG, H.; HACK-YOUN, K.; HYN-WOOK, K.; JI-HUN, C.; JONG-YOUN, J.; MI-AI, L. & YUN-SANG, C. 2011. Effects of rice bran fiber on heat-induced gel prepared with pork salt-soluble meat proteins in model system. Meat Science. 88: 59-66.

CHIN, K.B.; KEETON, J.T.; LONGNECKER, M.T. & LAMKEY, J.W. 1998. Low fat bologna in a model system with varying types and levels of konjak blends. Journal of Food Science. 63 (5): 1-6.

CITA. 2005. Almidón por método enzimático. AQCITA-M018. Emisión N° 3. San José, Costa Rica.

CITA. 2012a. Grasa por hidrólisis ácida. P-SA-MQ-009. Emisión N° 3. San José, Costa Rica.

CITA. 2012b. Humedad. P-SA-MQ-002. Emisión N° 3. San José, Costa Rica.

CITA. 2012c. Nitrógenos total por método Kjeldahl utilizando equipo Foss Tecator. P-SA-MQ-003. Emisión N° 3. San José, Costa Rica.

CITA. 2012d. Cenizas. P-SA-MQ-004. Emisión N° 3. San José, Costa Rica.

CLEMENT, C. 1995. Pejibaye *Bactris gasipaes* (Palmae). Evolution of crop plants. 2 ed. Logman, London.

CLEMENT, C., WEBER, J., VAN LEEUWEN, J., ASTORGA, C., COLE, D., ARÉVALO, L., & ARGÜELLO, H. 2004. Why extensive research and development did not promote use of peach palm fruit in Latin America. Agroforestry Systems. 61: 195–206.

CORDERO, M. 2010. Factores que afectan la funcionalidad del puré de chayote (*Sechium edule* Sw.) como sustituto de grasa y determinación del material de empaque idóneo para asegurar la estabilidad del producto. Tesis Lic. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.

CODEX. 1985. Norma del CODEX para la harina de trigo CODEX-STAN 152-1895. Codex Alimentarius (OMS/FAO). Washington, D.C.

CORETTI, K. 1971. Embutidos: elaboración y defectos. Ciencia y Tecnología de la carne teórica y práctica. Acribia, Zaragoza.

COSGROVE, D**.** 1997. Assembly and enlargement of the primary cell wall in plants. Cell and Developmental Biology 13: 171-201.

COSTA RICA. MEIC-MAG. 2009. Decreto Ejecutivo Nº 35079-MEIC-MAG-SRTCR:411-2008 Productos Cárnicos embutidos: Salchicha, salchichón, mortadela y chorizo, publicado en la gaceta N° 45 del 5 de marzo del 2009.

COZZANO, S. 2007. Impacto del proceso de microfiltración tangencial sobre el valor de la mora (*Rubís spp.*) como alimento funcional. Tesis M.Sc. Ciencia de Alimentos. Sistema de Estudios de Posgrado, Universidad de Costa Rica. San José.

DÁVILA, I. 2007. Estudio sobre la obtención de jugo clarificado de pitahaya (*Hylocereus spp.*) mediante la aplicación de un tratamiento enzimático y microfiltración tangencial. Tesis M.Sc. Ciencia de Alimentos. Sistema de Estudios de Posgrado, Universidad de Costa Rica. San José.

DE OLIVIERA, M.; MARTINEZ, H.; DE ANDRADE, J.; GARNACIA, M.; CHANG, Y. 2006. Use of pejibaye flour (Bactris gasipaes Kunth) in the production of food pasta. International Journal of Food Science and Technology , 41, 933-937.

FAO. 2002. Puntos destacados del informe "La agricultura en el mundo: hacia 2015/2030". Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO Sala de Prensa. Internet http://www.fao.org/spanish/newsroom/news/2002/7833-es.html. Recuperado 06/08/2013.

FERNÁNDEZ-PIEDRA, M., BLANCO-METZLER, A., MORA-URPÍ, J. 1995. Contenido de ácidos grasos en cuatro poblaciones de pejibaye *Bactris gasipaes* (Palmae). Revista de Biología Tropical 43(1-3):61-66.

FEMENIA, A.; LEFEBVRE, A.; THEBAUDIN, J.; ROBERTSON, J. & BOURGEOIS, C. 1997. Physical and sensory properties of model foods supplemented with cauliflower fiber. Journal of Food Science. 62(4): 635-639.

FIGUEROA, M., MANCINI, J., LAJOLO, F. 1984. Aco anti-nutriocional das fito-he,aglutininas de *Phaselous vulgaris*. L. Arch Latinoam. Nutr. 24:288-299.

FLOREZ, L.M., VAILLANT, F., HOLLANDER, H. & ARIZA-NIETO, M. 2OO3. Passion fruit sacs: biochemical characyteization and enzymatic treatmente. Tropical Sciences 43(1): 28-34.

GALLARDO, V. & SIERRA, C. 1980. Condiciones óptimas de secado para la obtención de harina de chontaduro *(Bactris gasipaes).* Tesis Ingeniería Agrícola. Universidad del Valle, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

GARCÍA, J. 1993. Comparación química, microbiológica y sensorial de la carne de iguana verde (Iguana iguana) con la carne de pollo industrial. Tesis Lic. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.

GÓMEZ, G. 1997. Factores antinutricionales del pejibaye (*Bactris gasipaes*). Efecto sobre el crecimiento de diferentes parámetros bioquímicos en ratas jóvenes. Tesis Ciencias Bioquímicas. Universidad de Costa Rica, Sistema de Estudios de Posgrado. San José.

GÓMEZ, G., NANNE, C., QUESADA, S. 1998a. Efecto de factores antinutricionales en el pejibaye (*Bactris gasipaes*) sobre el metabolismo de ratas jóvenes. Agronomía costarricense. 22(2): 191-198.

GÓMEZ, G., VARGAS, R., QUESADA, S. 1998b. Crecimiento y conversión alimenticia de ratas Sprage-Dawley sometidas a La ingesta de extractos acuosos de pejibaye. Agronomía costarricense. 22(2): 185-189.

GONNET, J. 1998. Colour effects of co-pigmentationof anthocyanins resvisited-1. A colorimetric definition using the CIELAB scale. Food Chemistry. (63)3: 409-415.

GUEISSMAN, T. 1974. Principles of organic chemistry. 3 ed. W.H. Freeman and Company, San Francisco.

GULLÓN, B., FALQUÉS, E., ALONSO, J.L. & PARAJÓ, J.C. 2007. Apple pomace for application in food industries. Food Technology and Biotechnology 45(4): 426– 433.

HAMMOND, G. & WENCHI, P. 1982. Fatty acid composition and gliceride structure of the mesocarp and kernel oils of the pejibaye palm (*Bactris gasipaes* H.B.K). Biología Tropical 30: 91-93.

HERRERA, C. BOLAÑOS N. & LUTZ G.2003. Química de Alimentos. Manual de Laboratorio.UCR. San José.

HOOGENKAMP, H. 1992. Vegetable Potein. Technology value in meat, poultry, and vegetarian foods. Protein Technologies International.

HUISMAN, J. 1992. Aspects of antinutritional factors (ANFs) in realtion to nutrition and pollution. Proceeding 19th World´s Poultry Congress. Amsterdam Set 1992 (3):2371.

IVANKOVICH, C.; FLORES, W.; ARAYA, Y. 2010. Percepción sobre el pejibaye y aceptación de un snack funcional a base de pejibaye (*Bactris gasipaes* kunth) por consumidoras costarricenses. Ciencias Económicas , 28 (2), 139-149.

JIMÉNEZ, A. 2008. Usos alternativos del chayote (*Sechium edule Sw.*): Elaboración y aplicación de un puré de chayote como sustituto de grasa en alimentos. Tesis Lic. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, San José.

JIMÉNEZ, A. 2011. Estudio de mercado para hacer una comparación sobre la percepción de los consumidores de san carlos y el gran área metropolitana (GAM) en relación con los embutidos. Tesis MS.c. Profesional en Gerencia Agroempresarial. Universidad de Costa Rica. San José.

JOHANNESSEN, C. 1967. Pejibaye Palm: Physical and Chemical Analysis of the Fruit. Economic Botany. 21(4): 371-377.

LIU, H., XIONG, Y., JIANG, L., KONG, B. 2008. Fat reduction in emulsion sausage using an enzyme-modified potato starch. Journal of the Science OF Food and Agriculture. 88: 1632-1637.

LUCCA, P., TEPPER, B. 1994. Fat Replacers and the Functionality on Fat in Foods. Trends in Food Science and Technology. Vol 5.

KADER, F., IRMOULI, M., ZITOUNI, N., NICOLAS, J.P., METCHE, M. 1999. Degradation of Cyanidin 3-Glucosid by Caffeic Acid o-Quinone. Determination of the Stoichometry and Characterization of the Degration Porducts. Journal of Agriculture and Food Chemistry 47(5): 4625-4630.

KAMDEM, R., MALEK, A., PAPADAKIS, S., SPYRIDON, E., YAM, K. 2000. A versatile and inexpensive technique for measuring color of foods. Food Technology. 54(12): 48-51.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2012. Boletín Estadístico Agropecuario N°21. Serie cronológica 2007-2010. San José. INTERNET. http://www.infoagro.go.cr/BEA21/boletin21.html

MARTINEZ, J., LARRALDE, J. 1984. Developmental changes on protein turnover in growing rat fed on diets containing field beans (Vicia faba L.) as a source of protein. Arch. Lat. Nutr. 34:465-476.

MEIC-MAG-S (Ministerio de Economía, Industria y Comercio; Ministerio de Agricultura y Ganadería; Ministerio de Salud). 2008. Decreto Ejecutivo RTCR 411-2008 Productos cárnicos embutidos: salchicha, salchichón, mortadela y chorizo. Especificaciones. INTERNET. http://www.meic.go.cr/reglatec/propuestas/RTCR411-2008embutidosfinal.pdf

MITOLO, J. 2005. Ingredient Interactions. Effects on Food Quality. Advisory Board. 2nd.

MORA, J., GAINZA, J. 1999. Palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes* kunth): su cultivo e industrialización. Universidad de Costa Rica, San José.

MORA-URPÍ, J., CLEMENT, C., WEBER, J. 1997. Peach palm. *Bactris gasipaes* Kunth. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 20. Institute of plant genetics and crop plant research, Gatersleben/International Plant genetic Resources institute. Rome.

MORALES-TORRES, A. 2013. Evaluación del potencial tecnológico de una harina de plátano verde (*Musa ssp*.) con cáscara como fuente de fibra y sustituto de grasa para productos cárnicos. Lic. en Ingeniería de Alimentos. Universidad de Costa Rica, San José.

MORTON, J. 1987. In: Fruits of warm climates. Pejibaye. Creative Resource Systems, Miami, Florida. P: 12-17.

MÜLLER, S., ARDOÍNO, M. s.f. Procesamiento de carnes y embutidos. Elaboración estandarización control de calidad. Un manual práctico de experiencias. Organización de Estados Americanos, Agencia Alemana para el Desarrollo.

MURILLO, A. 2014. Evaluación de la funcionalidad del almidón de tres variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes*) en productos alimenticios, según sus características fisicoquímicas. . Tesis Lic. en Ingeniería de Alimentos. Universidad de Costa Rica, San José.

MURILLO, B., CABEZAS, M., JARQUÍN, R., BRESSANI, R. 1977. Effect of bisulfate addition on the chemical composition and cellular content fractions of dehydrates coffee pulp. Journal of Agriculture and Food Chemistry. (25)5: 1090-1092.

MURILLO, M., KROENBERG, A., MATA, J., CLAZADA, J., CASTRO, V. 1983. Estudio preliminar sobre factores de enzimas proteolíticas en la harina de pejibaye (*Bactris gasipaes*). Revista de Biología Tropical 31(2):227-331.

MURILLO, M. & ZUMBADO, M. 1986. Composición Química y Valor Nutritivo de la Harina de Pejibaye en la Alimentación de las Aves. Universidad de Costa Rica – Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, San José. 5-10.

MURILLO, M., ZUMBADO, M., COOZ, A. & ESPINOZA, A. 1991. Evaluación de la harina de pejibaye (*Bactris gasipaes*) en dietas para pollas de reemplazo durante el periodo de iniciación y en gallinas ponedoras al inicio de postura. Agronomía Costarricense 15 (1/2) 135-141.

OGNEAN, C., DARIE, N., OGNEAN, M. 2006. Fat Replacers – Review. Journal of Agroalimentary Process and Technologies. 12(2):433-442.

PAK, N. 2000. Fibra dietética en verduras cultivadas en Chile. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 50(1): 97-101.

PEARSON & GILLETT. 1999. Effects of fat on flavor on processed meats. 3 ed. Aspen Publisher Inc. Maryland.

PÉREZ, A.M., AYÍ, D., FLORES, W., QUESADA, S., TORRES, M. & VAILLANT, F. 2006. Physico-chemical composition and antioxidant content changes of peach palm *(Bactris gasipaes* Kunth) during processing peach palm. Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica. San José.

PÉREZ-MATEOS, M., BRAVO, L., GOYA, L., GÓMEZ-GUILLÉN, C. & MONTERO, P. Quercetin properties as a functional ingredient in omega-3-enriched fish gels fed to rats. Journal of the Science of Food and Agricultural 85: 1651-1659.

PORRAS, C. 1998. Caracterización bioquímica de una lectina presente en el pejibaye (*Bactris gasipaes*). Tesis Lic. Microbiología y Química Clínica. Facultad de Microbiología, Universidad de Costa Rica. San José.

PUENTE, J. 2002. Descripción de la industria de Alimentos Procesados Cárnicos en Costa Rica. Tesis Lic. en Ingeniería Agrónoma. Universidad Earth. Guácimo.

REGLATEC. Decreto Ejecutivo Nº 35079-MEIC-MAG-SRTCR:411-2008 Productos Cárnicos embutidos: Salchicha, salchichón, mortadela y chorizo, publicado en la gaceta N° 45 del 5 de marzo del 2009.

ROJAS, C. 2010. Evaluación del efecto de proceso de elaboración de la harina de pejibaye sobre el contenido de compuestos bioactivos beneficiosos para la salud. Tesis Maestría en Ciencias de Alimentos. Universidad de Costa Rica, San José.

RYAN, C. 1981. Proteinase inhibitors. The biochemistry of plants. Boardman, New York. 351-367.

SÁNCHEZ, N. 1981. Aspectos fenológicos del pejibaye (*Bactris gasipae* H.B.K.). Universidad de Costa Rica. San José.

SAMPAIO, G., CASTELUCCI, C., PINTO, M., TORRES, E. 2004. Effect of fat replacers on the nutritive value and acceptability of beef frankfurters. Journal of Composition and Analysis. 17: 469-474.

SANDERS, S. 1993. Dried plums: a multi-functional bakery ingredient. Bulletin No. 228, American Society of Bakery Engineers.

SPILLER, G. 2001. Definitions of dietary fiber. *In* Spiller, G. *eds*. CRC handbook of dietary fiber in human nutrition. 3ed. CRC Press, Boca Raton. Cap. 2, p. 9-10.

TOKUSOGLU, Ő. & KEMAL, M. 2003. Fat replacers in meat products. Pakistan Journal of nutrition 2(3): 196-203.

TRACY, M. 1985. The Pejibaye fruit: problems and prospects for its development in Costa Rica. Tesis. Master of Arts. Universidad de Texas, Austin.

UGALDE, H. 2002. Estudio de la deshidratación de pejibaye (*Bactris gasipaes H.B.K.*) para la elaboración de harina y su utilización en la formulación de una premezcla para queques. Tesis Lic. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.

UGALDE, H. & PINEDA, M. L. 2004. Efecto del grado de sustitución de harina de trigo con harina de pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.) sobre las características sensoriales del queque seco. REVITECA 10: 8-13.

VORAGEN, A., TIMMERS, J., LINSSEN, J., SCHOLS, H. & PILNIK, W. 1983. Methods of analysis for cell wall polysaccharides of fruit and vegetables. Z: Lebensm. Unters Forsh, 177: 251-256.

WATTSON, D. 2010. Aprovechamiento de la harina de pejibaye en la elaboración de alimentos enriquecidos con compuestos bioactivos beneficiosos y la evaluación de su aceptación sensorial en consumidores. Tesis Lic. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.

YANG, H., PARK, J. 1998. Effects of starch properties and thermal processing conditions on surimi-starch gels. Lebensm-wiss Technol (31): 344-353.

YOON, K., CHA, M., SHIN, S. & KIM, K. 2005. Enzymatic production of a soluble-fibre hydrolyzate from carrot pomace and its sugar composition. Food Chemistry, 92(1): 151-157.

YUYAMA, L., AGUILAR, J., YUYAMA, K., CLEMENT, C., MACEDO, S., FÁVORO, D., AFONSO, C., VASCONCELLOS, M., PIMENTEL, S., BADOLATO, E. 2003. Chemical composition of the fruit

mesocarp of three peach palm (Bactris gasipaes) populations grown in central Amazonia, Brazil. International Journal of Food Science and Nutrition. 54(1):49-56.

ZHANG, F., FANG, L., WANG, C., SHI, L., GANG, T., YANG, H., CUI, M. 2013. Effects on starches on textural, rheological and color properties of surimi-beef gels with microbial tranglutaminase. Meat Science. 93:533-537.

IX. ANEXOS

Cuadro XIII. Masa del pejibaye en distintos puntos del procesamiento desde el fruto completo hasta la obtención del residuo fibroso, seco y molido.

Variedad	Lote	Pejibaye entero (kg)	Pejibaye sin semilla (kg)	Residuo fibroso, seco y molido (kg)
Yurimagua	P2F8	9,375	8,505	1,075
	P2F7	7,48	6,79	1,155
	P2F3	11,855	10,325	1,2
	P2F16	11,395	10,05	1,275
Guatuso	P3F33	11,705	7,59	1,35
	P3F31	17,515	4,82	1,765
	P3F35.1	15,415	13,78	3,14
	P3F35.2	17,57	5,645	0,665

Cuadro XIV. Datos obtenidos para el análisis de partícula del producto fibroso, seco y molido para la variedad Yurimagua.

Tamiz Tyler	Apertura del tamiz (mm)	Diámetro de partícula (mm)	Masa de producto retenido (g)	Fracción de masa retenida
10	1,981	1,341	0,032	0,065
25	0,701	0,598	16,853	33,525
35	0,495	0,423	11,870	23,631
45	0,351	0,238	7,755	15,444
120	0,124	0,093	10,125	20,161
230	0,062	0,053	2,970	5,912
325	0,044	0,022	0,807	1,612
Plato ciego	0,000	0,000	0,060	0,120

Cuadro XV. Datos obtenidos para el análisis de partícula del producto fibroso, seco y molido para el Lote 1 de la variedad Guatuso.

Tamiz Tyler	Apertura del tamiz (mm)	Diámetro de partícula (mm)	Masa de producto retenido (g)	Fracción de masa retenida
10	1,981	1,341	0,010	0,020
25	0,701	0,598	19,335	38,639
35	0,495	0,423	11,270	22,522
45	0,351	0,238	6,610	13,209
120	0,124	0,093	9,270	18,525
230	0,062	0,053	3,895	7,784
325	0,044	0,022	0,075	0,150
Plato ciego	0,000	0,000	0,015	0,030

Cuadro XVI. Datos obtenidos para el análisis de partícula del producto fibroso, seco y molido para el Lote 2 de la variedad Guatuso.

Tamiz Tyler	Apertura del tamiz (mm)	Diámetro de partícula (mm)	Masa de producto retenido (g)	Fracción de masa retenida
10	1,981	1,341	0,000	0,000
25	0,701	0,598	13,730	27,440
35	0,495	0,423	13,275	26,531
45	0,351	0,263	9,425	18,837
80	0,175	0,150	10,310	20,607
120	0,124	0,093	3,990	7,974
230	0,062	0,031	0,155	0,310
Plato ciego	0,000	0,000	0,015	0,030

Cuadro XVII. Tamaño de partículas mayoritarias para el residuo fibroso, seco y molido de dos variedades de pejibaye utilizadas.

Variedad	Apertura de tamices utilizados (mm)	Rango de la fracción mayoritaria (mm)	Diámetro de partícula (mm)
Yurimagua	0,044 - 1,981	0,701 - 1,981	1,341
Guatuso	0,044 - 1,981	0,701 - 1,981	1,341

Cuadro XVIII. Humedad del producto fibroso seco y molido para dos variedades de pejibaye.

Variedad	Lote	Réplica	% Humedad
Yurimagua	1	1	6,2
		2	6,4
	2	1	5,0
		2	4,9
Guatuso	1	1	5,3
		2	5,4
	2	1	4,5
		2	4,4

Cuadro XIX. Grasa del producto fibroso seco y molido para dos variedades de pejibaye.

Variedad	Lote	Réplica	% Grasa (b.h.)	% Grasa (b.s.)
Yurimagua	1	1	16,5	17,6
		2	16,5	17,6
		3	16,4	17,5
	2	1	8,6	9,1
		2	7,0	7,3
		3	7,4	7,8
Guatuso	1	1	18,7	19,8
		2	18,8	19,9
		3	6,0	6,3
	2	1	5,1	5,3
		2	7,1	7,5
		3	7,7	8,0

Cuadro XX. Cenizas del producto fibroso seco y molido para dos variedades de pejibaye.

Variedad	Lote	Réplica	% Cenizas (b.h)	% Cenizas (b.s.)
Yurimagua	1	1	0,7	0,8
		2	0,7	0,8
	2	1	0,7	0,8
		2	0,7	0,8
Guatuso	1	1	0,8	0,9
		2	0,8	0,8
	2	1	0,6	0,6
		2	0,5	0,6

Cuadro XXI. Proteína del producto fibroso seco y molido para dos variedades de pejibaye.

Variedad	Lote	Réplica	% Proteína (b.h.)	% Proteína (b.s.)
Yurimagua	1	1	3,8	4,1
		2	3,8	4,1
	2	1	3,6	3,8
		2	3,6	3,8
Guatuso	1	1	4,4	4,6
		2	4,4	4,6
	2	1	3,1	3,3
		2	3,1	3,3

Cuadro XXII. Almidón del producto fibroso seco y molido para dos variedades de pejibaye.

Variedad	Lote	Réplica	% Almidón (b.h.)	%Almidón (b.s.)
Yurimagua	1	1	62,2	66,3
		2	62,4	66,6
	2	1	62,6	65,9
		2	64,6	67,9
Guatuso	1	1	46	48,6
		2	47,3	50,0
	2	1	71,3	74,7
		2	71,7	75,0

Cuadro XXIII. Carbohidratos del producto fibroso seco y molido para dos variedades de pejibaye.

Variedad	Repetición	% Carbohidratos (b.h.)	% Carbohidratos (b.s.)
Yurimagua	1	72,8	77,6
	2	83,1	87,4
Guatuso	1	70,7	74,7
	2	84,6	89,2

Cuadro XXIV. Fracciones de MIA y MIAA del producto fibroso seco y molido para dos variedades de pejibaye.

Variedad	Repetición	% MIA (b.h.)	% MIA (b.s.)	% MIAA (b.h.)	% MIAA (b.s.)
Yurimagua	1	93,0	99,3	88,6	94,6
	2	94,9	99,9	88,3	92,9
Guatuso	1	89,1	94,1	71,3	75,3
	2	97,3	102,6	75,3	79,3

Cuadro XXV. Cantidad de proteína y almidón encontrados en la fracción de MIAA del producto fibroso seco y molido para dos variedades de pejibaye.

Variedad	Repetición	% Proteína (b.h.)	% Proteína (b.s.)	% Almidón (b.h.)	% Almidón (b.s.)
Yurimagua	1	1,7	1,8	57,8	61,7
	2	1,7	1,8	58,7	61,8
Guatuso	1	1,3	1,4	68,0	71,8
	2	1,3	1,4	66,5	70,1

Cuadro XXVI. Contenido de amilosa y amilopectina del pejibaye fresco.

Variedad	Lote	Amilosa %	Amilopectina %
Yurimagua	P2F8	51,5	48,5
Guatuso	P3F35	12,7	87,3

Fuente: Murillo (2014)