

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



**“EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE PRETRATAMIENTO DE
LAVADO Y TIPOS DE SECADO EN LA CALIDAD DE LA FIBRA DIETÉTICA
OBTENIDA A PARTIR DEL BAGAZO DE PIÑA (*Ananas Comosus*)”**

PRESENTADO POR: Bach. CORTÉZ CRUZ CRISTHIAN JOEL

Bach. MORALES CHORRES CYNTHIA STEFANY

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



HOJA DE AVAL DEL JURADO EVALUADOR

El presente trabajo de tesis titulado: “EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE PRETRATAMIENTO DE LAVADO Y TIPOS DE SECADO EN LA CALIDAD DE LA FIBRA DIETÉTICA OBTENIDA A PARTIR DEL BAGAZO DE PIÑA (*Ananas Comosus*)” para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por Bach. CORTÉZ CRUZ CRISTHIAN JOEL y Bach. MORALES CHORRES CYNTHIA STEFANY, que tienen como asesor al docente Dr. Víctor Castro Zavaleta designado por resolución N° 593-20417-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 22 de noviembre del 2018 por el siguiente jurado evaluador, designado mediante resolución N°514-2018-UNS-CFI.

Dr. Gilbert Rodríguez Paucar

Presidente

Dr. César Moreno Rojo

Secretario

Dra. Elza Aguirre Vargas

Integrante

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Siendo las 12 pm. del 22 de noviembre del dos mil dieciocho se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N°514-2018-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Gilbert Rodríguez Paucar** (Presidente)
- **Dr. César Moreno Rojo** (Secretario)
- **Dra. Elza Aguirre Vargas** (Integrante); para dar inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

“EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE PRETRATAMIENTO DE LAVADO Y TIPOS DE SECADO EN LA CALIDAD DE LA FIBRA DIETÉTICA OBTENIDA A PARTIR DEL BAGAZO DE PIÑA (*Ananas Comosus*)”, elaborada por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

- **Bach. Cortéz Cruz Cristhian Joel**
- **Bach. Morales Chorres Cynthia Stefany**

Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dr. Víctor Castro Zavaleta**

Finalizada la sustentación, los Tesistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 39° y 40° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACION
CORTÉZ CRUZ CRISTHIAN JOEL	18	BUENO

Siendo las 14:00 horas del mismo día, se dio por terminado dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 22 de noviembre del 2018

Dr. Gilbert Rodríguez Paucar

Presidente

Dr. César Moreno Rojo

Secretario

Dra. Elza Aguirre Vargas

Integrante

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Siendo las 12 pm. del 22 de noviembre del dos mil dieciocho se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N°514-2018-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Gilbert Rodríguez Paucar** (Presidente)
- **Dr. César Moreno Rojo** (Secretario)
- **Dra. Elza Aguirre Vargas** (Integrante); para dar inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

“EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE PRETRATAMIENTO DE LAVADO Y TIPOS DE SECADO EN LA CALIDAD DE LA FIBRA DIETÉTICA OBTENIDA A PARTIR DEL BAGAZO DE PIÑA (*Ananas Comosus*)”, elaborada por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

- **Bach. Cortéz Cruz Cristhian Joel**
- **Bach. Morales Chorres Cynthia Stefany**

Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dr. Víctor Castro Zavaleta**

Finalizada la sustentación, los Tesistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 39° y 40° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACION
MORALES CHORRES CYNTHIA STEFANY	18	BUENO

Siendo las 14:00 horas del mismo día, se dio por terminado dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 22 de noviembre del 2018

Dr. Gilbert Rodríguez Paucar

Presidente

Dr. César Moreno Rojo

Secretario

Dra. Elza Aguirre Vargas

Integrante

DEDICATORIA

A Dios, por habernos permitido llegar hasta este punto, habernos dado salud y sabiduría para lograr juntos nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor para guiarnos en cada uno de nuestros pasos.

A nuestra familia por ser ejemplo de perseverancia y constancia que los caracteriza y que nos han inculcado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor. Por siempre estar ahí compartiendo nuestras alegrías y penas, por creer en nosotros y por sus sabios consejos.

A nuestros profesores y amigos por su tiempo, enseñanzas, comprensión, amistad y por todos los conocimientos transmitidos para ser mejores personas y profesionales.

Los autores

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su infinita misericordia y sabiduría para permitirnos salir adelante en todo momento de nuestras vidas, por derramar sobre nosotros su bendición y mantenernos unidos.

A nuestros padres por habernos motivado siempre a cumplir nuestras metas, por haber compartido con nosotros buenos y malos momentos durante nuestra formación académica.

Un agradecimiento especial, a nuestro asesor Ms. Castro Zavaleta, Víctor Augusto por su apoyo, conocimiento y compromiso brindado, lo que nos ha permitido culminar con éxito la presente investigación.

A los docentes de la E.A.P. de Ingeniería Agroindustrial, por sus enseñanzas brindadas y servirnos de guía durante toda nuestra carrera profesional, por forjar en nosotros ese espíritu investigador y competitivo.

Por último, a nuestra prestigiosa casa de estudios Universidad Nacional del Santa por abrirnos las puertas y brindarnos sus instalaciones durante el transcurso de estos cinco años para nuestra realización como Ingenieros Agroindustriales.

Los autores

INDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	16
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	18
2.1 La Piña	18
2.1.1 Composición nutricional	19
2.1.2 Cosecha y postcosecha	20
2.1.3 Producción nacional y mundial	21
2.2 Fibra dietética (FD).....	23
2.2.1 Definición	23
2.2.2 Clasificación de la fibra dietética	24
2.2.3 Propiedades funcionales de la fibra dietética	27
2.2.4 Fuentes de fibra dietética.....	28
2.2.5 Beneficios de la fibra dietética	30
2.3 Pretratamiento de lavado.....	31
2.4 Secado	33
2.4.1 Secado por aire caliente.....	33
2.4.2 Liofilización	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1 Lugar de ejecución	37
3.2 Materiales.....	37
3.2.1 Materia Prima	37
3.2.2 Equipos	38
3.2.3 Reactivos e insumos	39
a. Insumos.....	39
b. Reactivos	39
d. Materiales de vidrio.....	40

e. Otros materiales	40
3.3 Métodos.....	41
3.3.1 Obtención de harina de bagazo de piña	41
3.3.2 Descripción de las etapas.....	42
3.3.3 Métodos de caracterización de materia prima	45
3.3.4 Métodos de caracterización de producto final.....	47
3.3.5 Diseño experimental	50
3.3.6 Diseño estadístico.....	52
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
4.1 Caracterización de la materia prima.....	53
4.2 Resultados de la etapa de pretratamiento de lavado.....	56
4.3 Evaluación de la calidad de la fibra de bagazo de piña.....	58
4.3.1 Fibra dietética insoluble (FDI)	59
4.3.2 Fibra dietética soluble (FDS).....	61
4.3.3. Fibra dietética total (FDT).....	63
4.3.4. Proporción FDI: FDS	64
4.3.5 Capacidad de retención de agua (CRA)	67
4.3.6 Capacidad de retención de aceite (CRAc).....	70
4.3.7 Capacidad de hinchamiento (CH)	72
4.4 Caracterización de la fibra desarrollada.....	74
V. CONCLUSIONES	80
VI. RECOMENDACIONES	82
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXOS	92

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de la piña por 100 g de parte comestible	19
Tabla 2. Primeros diez países productores de piña en toneladas en Latinoamérica, 2015	21
Tabla 3. Lista de mercados importadores para la piña exportada por el Perú en 2016	23
Tabla 4. Composición química de polvos de piña	28
Tabla 5. Contenido de fibra en polvos de residuos de piña.	29
Tabla 6. Fibra dietaria total, insoluble y soluble de residuos de diferentes frutas en base seca.....	29
Tabla 7. Ventajas y desventajas de la liofilización	36
Tabla 8. Equipos de trabajo que se emplearon en la investigación	38
Tabla 9. Matriz experimental para el diseño multifactorial	50
Tabla 10. Caracterización proximal y fisicoquímica de la piña Var. Golden.....	53
Tabla 11. Parámetros de color de la pulpa de piña var. Golden	54
Tabla 12. Características físicas de la piña var. Golden (n=10)	55
Tabla 13. Contenido de azúcares reductores en bagazo de piña sometido a lavado.....	56
Tabla 14. Contenido de fibra dietética: insoluble, soluble y total de la HBP obtenida...	58
Tabla 15. Propiedades funcionales de la fibra de bagazo de piña: CRA, CRAc y CH...	66
Tabla 16. Análisis de Varianza para Capacidad de retención de agua	67
Tabla 17. Análisis proximal y físico-químico de la fibra de bagazo de piña desarrollada	74
Tabla 18. Contenido de fibra dietética de la HBP obtenida.....	75

Tabla 19. Propiedades funcionales de la FD obtenida con tamaño de partícula de 180 μm	76
Tabla 20. Parámetros de color de la HBP obtenida	77
Tabla 21. Propiedades físicas asociadas a la fluidez de la HBP obtenida	78
Tabla 22. Resultados de los análisis microbiológicos de la HBP obtenida	79
Tabla 23. Análisis de Varianza para Fibra dietética total	93
Tabla 24. Análisis de Varianza para Fibra dietética insoluble.....	93
Tabla 25. Análisis de Varianza para Fibra dietética soluble.....	94
Tabla 26. Análisis de Varianza para Capacidad de retención de aceite.....	94
Tabla 27. Análisis de Varianza para Capacidad de hinchamiento.....	98
Tabla 28. Análisis de Varianza para azúcares reductores	100
Tabla 29. Preparación de soluciones para curva DNS.....	113

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Comparación de las principales técnicas de desarrollo de fibras dietéticas.....	32
Cuadro 2. Diagrama experimental para la obtención de fibra de bagazo de piña.....	51
Cuadro 3. Descripción de la clasificación grafica de la piña.....	118
Cuadro 4. Parámetros operativos para secado por aire caliente	119
Cuadro 5. Parámetros operativos para secado por liofilización	119

INDICE DE FIGURAS

figura 1. Piña (Ananas Comosus) var. Golden.....	18
figura 2. Producción de piña por regiones en toneladas, 2015.....	22
figura 3. Representación esquemática de la molécula de celulosa.....	25
figura 4. Monómeros y estructura de la lignina.....	26
figura 5. Representación de la presión de saturación del agua en función de su temperatura.....	34
figura 6. Historia térmica de un proceso de liofilización.....	35
figura 7. Diagrama de flujo para la obtención de harina a partir de bagazo de piña	41
figura 8. Harina obtenida a partir de bagazo de piña var. Golden.....	77
figura 9. Puesta en marcha del equipo de filtración para FDT y FDI.....	99
figura 10. Clasificación de la piña de acuerdo al color externo.....	118

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1. Comportamiento de azucares reductores	57
Grafico 2. Gráfico de Pareto para azucares reductores	57
Grafico 3. Comparacion de los resultados de fibra dietetica insoluble.....	59
Grafico 4. Gráfico de interacciones de FDI y Temperatura de lavado	60
Grafico 5. Comparacion de los resultados de fibra dietetica soluble.....	61
Grafico 6. Gráfico de interacciones de FDS y Temperatura de lavado	62
Grafico 7. Gráfico de medias de FDS vs Tipos de secado.....	62
Grafico 8. Comparacion de los resultados de fibra dietetica total	63
Grafico 9. Comparacion de los resultados de proporcion FDI:FDS	64
Grafico 10. Comparacion de los resultados de CRA	67
Grafico 11. Gráfico de interacciones de CRA y Temperatura de lavado	68
Grafico 12. Gráfico de medias de CRA vs Tipos de secado.....	69
Grafico 13. Comparacion de los resultados de CRAc	70
Grafico 14. Gráfico de medias de CRAc y Temperatura de lavado	70
Grafico 15. Gráfico de interacciones de CRAc y tipos de secado	71
Grafico 16. Comparacion de los resultados de CH.....	72
Grafico 17. Gráfico de medias de CH y Temperatura de lavado.....	72
Grafico 18. Gráfico de interacciones de CH vs Tipos de secado.....	73
Grafico 19. Curva de calibrado DNS	113

INDICE DE ABREVIATURAS

FD: Fibra dietética

FDT: Fibra dietética total

FDI: Fibra dietética insoluble

FDS: Fibra dietética soluble

CRA: Capacidad de retención de agua

CRAc: Capacidad de retención de aceite

CH: Capacidad de hinchamiento

HBP: Harina de bagazo de piña

b.s: base seca

b.h: base húmeda

RESUMEN

En esta investigación se obtuvo harina a partir del bagazo de piña *var. Golden*, con alto contenido de fibra dietética, con el fin de que pueda ser empleada como materia prima para el desarrollo de nuevos productos. La obtención de la fibra se llevó a cabo combinando operaciones de lavado, prensado, secado, molienda y tamizado.

Se evaluó el tiempo de contacto y temperatura del agua de lavado. En esta etapa, el bagazo prensado se sometió a lavado en un equipo de Baño María donde se evaluaron 3 temperaturas: 25°C, 60°C y 95°C y dos tiempos de 5 y 10 minutos. Se agregó agua gradualmente en una proporción de agua-materia prima de 3.5:1. También se evaluaron dos tipos de secado empleando un secador de bandejas y liofilizador con densidad de carga de 1.5 kg/m² para ambos casos. El bagazo seco se molió, tamizó y se empacó en bolsas de polipropileno hasta el día de su análisis.

Los efectos de estas variables fueron evaluados en función del % de fibra dietética total (FDT), fibra dietética insoluble (FDI), fibra dietética soluble (FDS), proporción FDI: FDS y las propiedades funcionales de la fibra: capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de retención de aceite (CRAc) y capacidad de hinchamiento (CH). Cada tratamiento se evaluó por triplicado, empleando un diseño multifactorial con arreglo de 2x3x2.

El estudio determinó que el tratamiento siete que consistió en lavado a una temperatura de 25°C por 5 minutos y secado mediante liofilización obtuvo mejores resultados: 70.15 % de FDT, 60.45 % de FDI, 9.69 % de FDS y proporción FDI: FDS de 6:1 y presenta las siguientes propiedades funcionales: CRA (6.93 g agua/g fibra b.s), CRAc (3.28 g aceite/ g fibra b.s) y CH (7.94 ml/ g fibra b.s). La caracterización de la fibra de piña *var. golden*: composición química proximal; proteínas 4.59 %, humedad 3.83 %, cenizas 1.59 %, grasa 0.98% y 89.01 % de carbohidratos y en las características fisicoquímicas, sólidos solubles: 6.92 °brix, pH 3.98 y aw: 0.28.

Los resultados evidenciaron que la HBP es una alternativa de aprovechamiento de residuos agroindustriales que podría emplearse como ingrediente en la formulación de alimentos enriquecidos en fibra dietética.

Palabras claves: fibra dietética, bagazo de piña, lavado, secado, CRA, CRAc, CH.

ABSTRACT

In this investigation flour was obtained from pineapple bagasse var. Golden, with a high content of dietary fiber, so that it can be used as a raw material for the development of new products. The obtaining of the fiber was carried out combining washing, pressing, drying, grinding and sieving operations.

The contact time and temperature of the washing water was evaluated. In this stage, the pressed bagasse was subjected to washing in a bathing equipment where 3 temperatures were evaluated: 25°C, 60°C and 95°C and two times of 5 and 10 minutes. Water was gradually added in a 3.5: 1 ratio of water-raw material. Two types of drying were also evaluated using a tray dryer and lyophilizer with a loading density of 1.5 kg / m² for both cases. The dried bagasse was milled, sieved and packed in polypropylene bags until the day of its analysis.

The effects of these variables were evaluated on the basis of % of total dietary fiber (FDT), insoluble dietary fiber (FDI), soluble dietary fiber (FDS), FDI: FDS ratio and the functional properties of the fiber: water retention capacity (CRA), oil retention capacity (CRAc) and swelling capacity (CH). Each treatment was evaluated in triplicate, using a multifactorial design with a 2x3x2 arrangement.

The study determined that treatment seven, which consisted of washing at a temperature of 25 ° C for 5 minutes and drying by lyophilization, obtained better results: 70.15% of FDT, 60.45% of FDI, 9.69% of FDS and proportion FDI: FDS of 6 : 1 and has the following functional properties: CRA (6.93 g water / g fiber bs), CRAc (3.28 g oil / g fiber bs) and CH (7.94 ml / g bs fiber). The characterization of pineapple fiber var. golden: proximal chemical composition; proteins 4.59%, humidity 3.83%, ashes 1.59%, fat 0.98% and 89.01% of carbohydrates and in the physicochemical characteristics, soluble solids: 6.92 ° brix, pH 3.98 and aw: 0.28.

The results showed that the BPH is an alternative to use agro-industrial waste that could be used as an ingredient in the formulation of foods enriched in dietary fiber.

Keywords: dietary fiber, pineapple bagasse, washing, drying, CRA, CRAc, CH.

I. INTRODUCCIÓN

La piña es un fruto que en los últimos años se ha posicionado a nivel nacional e internacional, debido al interés por el consumo de productos saludables y con valor nutricional, resaltando su contenido de fibra dietética. Esta fruta se comercializa en fresco, congelada y procesada generando desechos industriales que sólo son aprovechados para alimentación animal.

La fibra dietética ha sido tema de investigación durante muchos años, debido a sus beneficios, tanto fisiológicos como tecnológicos; ésta se puede obtener principalmente de cereales y legumbres, sin embargo, diversos estudios han demostrado que las fibras provenientes de frutas presentan mejor relación entre fibra insoluble y soluble y alta capacidad de retención de agua y aceite. Estas propiedades funcionales pueden sufrir modificaciones durante su procesamiento, por lo que resulta necesario caracterizar cada fuente de fibra dietética, en esta ocasión el bagazo de la piña var. *Golden*.

Con el fin de darle valor agregado a nuevas fuentes de fibra dietaria provenientes de residuos agroindustriales, se pretende implementar alternativas que conserven su calidad para que pueda ser aplicada en la elaboración de diversos productos.

El objetivo general de esta investigación fue evaluar el efecto del tiempo y temperatura de pretratamiento de lavado y tipos de secado, como liofilización y aire caliente, en la calidad de la fibra dietética obtenida a partir del bagazo de piña y los objetivos específicos fueron:

- Determinar la composición fisicoquímica, proximal y características físicas de la piña.
- Evaluar el efecto del pretratamiento de lavado sobre la calidad de la fibra dietética obtenida.
- Evaluar el efecto del secado por liofilización y aire caliente sobre la calidad de la fibra dietética obtenida.
- Determinar la fibra dietética total e insoluble de la harina obtenida.
- Determinar las propiedades funcionales de la fibra dietética obtenida.
- Caracterizar la fibra obtenida mediante análisis proximal, fisicoquímico y microbiológico.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 La Piña

La piña (*Ananas comosus*) pertenece a la familia de las Bromeliáceas, genero Anna y especie Sativa, siendo frutas no climatéricas que producen pequeñas cantidades de etileno (Ortiz, 2013). En la figura 1 se muestra la piña *Var. Golden*.



figura 1. Piña (*Ananas Comosus*) var. Golden

Fuente: Olmué (2012)

La fruta de la variedad *Golden Sweet*, se caracteriza por el color dorado de la cascara, sabor extra dulce, alto contenido de vitamina C, sabor tropical, exótico y bajo nivel de acidez (PROECUADOR, 2011). Comercialmente se cultiva en países como Costa Rica, Ghana, Panamá, Costa de Marfil y Ecuador, entre otros. En Perú las principales variedades comerciales son Cayena Lisa, Amarilla o Dorada, también llamada MD-2 y Samba o Roja Trujillana (Proyecto Especial Pichis–Palcazu, 2010).

2.1.1 Composición nutricional

La piña es una fruta buscada por su agradable aroma, sabor, rica en vitaminas C y del grupo B, fibra dietética, manganeso, hierro, potasio, ácido fólico y compuestos fenólicos. Por otro lado, posee bajas cantidades de grasa y sodio (Ackom & Tano-Debrah, 2012). Además, la piña es rica en carbohidratos y fuente de carotenos. Del total de carbohidratos de la piña un 77.19% corresponde a azúcares totales, que sumado al alto contenido de vitaminas, hacen de esta fruta un excelente sustrato para ser deteriorado por los microorganismos. (Jiménez, 2015)

La composición química con relación a 100 g de parte comestible de piña se presenta en la tabla 1. (Tabla de composición de alimentos colombianos, 2015).

Tabla 1. Composición química de la piña por 100 g de parte comestible

Componentes	Cantidad
Agua	86.5 g
Proteínas	0.6 g
Lípidos	0.1 g
Carbohidratos	11.2 g
Cenizas	0.4 g
Fibra dietaria	1.7 g
Tiamina	0.06 mg
Riboflavina	0.05 mg
Vitamina C	23 mg

Fuente: Tabla de composición de alimentos colombianos (2015)

2.1.2 Cosecha y postcosecha

2.1.2.1 Estado de madurez

Para el caso de la piña, debe tenerse en cuenta que una vez cosechada la fruta, solo ocurrirán cambios en el color y apariencia externa e interna de la piña, pero no en el contenido de sólidos solubles (°Brix), ya que, al ser una fruta no climatérica, no contiene reservas de almidón que permitan la transformación de estos a azúcares por lo que se les debe cosechar cuando están listas para consumirse. (Montero y Cerdas, 2005)

La fruta inicia su maduración desde la base y prosigue hacia la parte apical y este proceso puede ser apreciado externamente por el cambio de la coloración de la cáscara del fruto; además del cambio de color, los frutillos (frutos individuales) que son alargados y puntiagudos se vuelven planos y achatados. (Morazán, 2010)

2.1.2.2 Manejo postcosecha

La fruta no se debe colocar directamente sobre el suelo, por el riesgo de entrada de patógenos a través del corte del pedúnculo, que podrían causar enfermedades durante la comercialización de la piña (Montero y Cerdas, 2005). Durante la cosecha y el transporte, se debe evitar los golpes y daños mecánicos ya que el simple daño de uno de los pequeños frutos es suficiente para dañar toda la fruta. La base del fruto unida al pedúnculo es más sensible al daño que la parte superior unida a la corona porque su madurez es mayor. (Sornosa, 2007)

Este cultivo es susceptible a *Phytophthora* parasítica y *Phytophthora cinnamomi*, nematodos, cochinilla harinosa y la *Thecla basilides* Otras plagas de importancia son los *symphylidos* y mosca de la fruta y las enfermedades suelen ser: Pudrición Negra de la raíz y Pudrición del Cogollo por Bacteria. (Proyecto Especial Pichis–Palcazu, 2010).

Las condiciones más apropiadas para su conservación son temperaturas de 7 a 13 °C y humedad de 85-90 %. La vida en postcosecha en condiciones de conservación óptimas alcanza entre 2 y 4 semanas (Parra, 2006).

2.1.3 Producción nacional y mundial

Las variedades de piña más comercializadas en el Perú son la *Cayena Lisa* que ocupa el primer lugar y la *Golden Sweet* (MD-2) que recientemente fue ganando éxito a nivel mundial ocupando el segundo lugar en el ranking de variedades con mayor producción. (Lazo *et al.*, 2017)

2.1.3.1 Producción y mercado nacional de piña

Las áreas plantadas de piña se han incrementado durante los últimos años, en todo el país, incluido la costa norte, habiéndose plantado principalmente las siguientes variedades en orden de importancia: “Hawaina”, “Samba”, “Golden” y “Cayena lisa” en Chanchamayo y Satipo; y en las otras localidades el híbrido MD-2 (Golden) y Cayena lisa. (Proyecto Especial Pichis–Palcazu, 2010); según el Ministerio de Agricultura (MINAGRI, 2017) al año 2015, estimó que existen cerca de 15 182 hectáreas de piña plantados con un rendimiento promedio de 28.6 tn/ha.

Tabla 2. Primeros diez países productores de piña en toneladas en Latinoamérica, 2015

Ranking	País	Valor
1	Costa Rica	2'915,628
2	Brasil	2'646,243
3	México	817,463
4	Colombia	652,759
5	Venezuela	468,643
6	Perú	455,297
7	República Dominicana	436,304
8	Guatemala	245,688
9	Estados Unidos de América	175,000
10	Honduras	140,000

Fuente: FAO, adaptado por Lazo (2017)

En América los mayores productores de piña son Costa Rica, Brasil, México, Colombia y Venezuela (Lazo *et al.*, 2017). El sexto lugar es ocupado por Perú con 455,297 tn en el año 2015, tal y como se observa en la tabla 2.

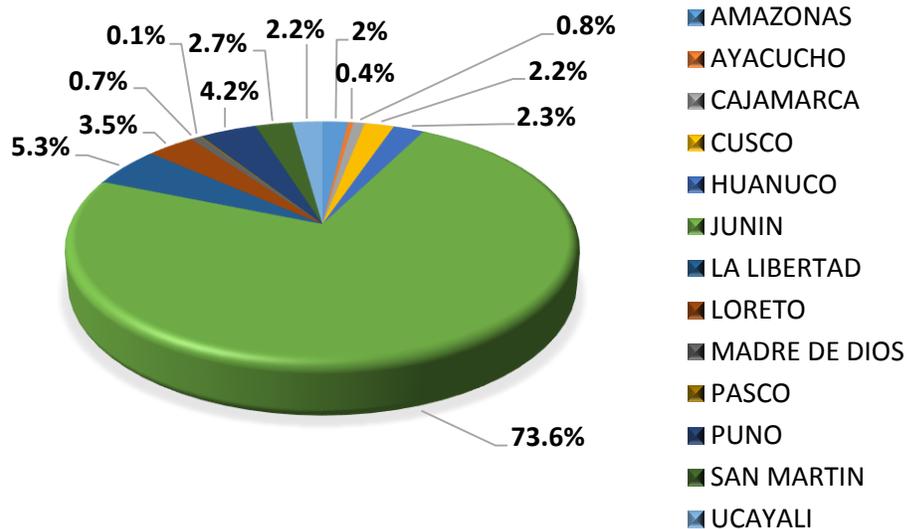


figura 2. Producción de piña por regiones, 2015

Fuente: Adaptado de MINAGRI (2016)

Como se observa en la figura 2, las principales regiones del Perú al año 2015, donde se ubica la mayor producción de piña son: Junín, con 73.6% de la producción nacional; seguido de La Libertad con el 5.3% y Puno con el 4.2%.

2.1.3.2 Exportaciones

En el 2016, los principales destinos de las exportaciones de la piña peruana fueron los siguientes: Alemania, España y Chile. El país exporta a nivel mundial 152 mil USD y 111 tn, como se observa en la tabla 3.

Tabla 3. Lista de mercados importadores para la piña exportada por el Perú en 2016

Importadores	Valor exportado en 2016 (miles de USD)	Participación de las exportaciones para Perú (%)	Cantidad exportada en 2016 (tn)
Mundo	152	100	111
Alemania	74	48,7	4
España	44	28,9	31
Chile	20	13,2	68
Otros	11	7,2	8
Francia	3	2	0

Fuente: Adaptado de International Trade Centre (2017)

Las exportaciones de Perú ocupan una posición relativa número 64 en las exportaciones mundiales; mientras que en América es el exportador número 17. La exportación mundial de piña, al igual que en América, ha experimentado un ligero crecimiento de 1% en toneladas el 2016 versus el 2015, mientras que en valor creció en 15%. (Lazo *et al.*, 2017)

2.2 Fibra dietética (FD)

2.2.1 Definición

La fibra dietaria se define como los restos del esqueleto de las células vegetales (glúcidos, oligosacáridos, polisacáridos, ligninas y otras sustancias asociadas a los vegetales) considerando componentes no estructurales como gomas, mucilagos y pectinas), no digeribles y resistentes a la hidrólisis por las enzimas endógenas del sistema digestivo humano y a la digestión y absorción en el intestino delgado, con una completa o parcial fermentación en el intestino grueso (Baena y García, 2012)

Las diferencias estructurales, la relación fibra dietética insoluble / fibra dietética soluble (FDI/FDS), el tamaño de partícula, la fuente, así como por el grado y el tipo de procesamiento llevado a cabo para cada uno de los polisacáridos, determinan sus propiedades fisicoquímicas y funcionales diferentes y como consecuencia comportamientos fisiológicos diversos. (Álvarez y Bagué, 2011)

2.2.2 Clasificación de la fibra dietética

Relacionados con su solubilidad en agua y métodos de extracción, la fibra se clasifica en fibra dietaria soluble y fibra dietaria insoluble, que son importantes para las características fisicoquímicas y también para las funciones saludables (Tejada-Ortigoza *et al.*, 2016).

2.2.2.1 Fibra soluble (FDS)

Este tipo especificado de fibra está integrado por pectinas, β -glucanos, gomas, fructanos (inulina, fructooligosacáridos), mucilagos, algunos tipos de hemicelulosas y de almidones resistentes (González, 2013).

2.2.2.1.1 Pectinas

Su estructura básica se compone de unidades repetitivas de ácido D-galacturónico con uniones α -1,4. La ramnosa también puede estar presente en la cadena principal de la pectina en un 10%, junto con las cadenas laterales que contienen pequeñas cantidades de azúcares neutros como galactosa, arabinosa y xilosa. (Matos y Chambilla, 2010)

2.2.2.1.2 Gomas y mucilagos

Son hidrocoloides que comprenden una amplia mezcla de polisacáridos viscosos. Estos polisacáridos suelen ser utilizados como aditivos alimentarios por su capacidad de gelificación, sus propiedades espesantes, estabilizantes y emulsificantes. Se pueden obtener de distintas fuentes, como son los exudados de plantas, las semillas cereales y algas. (Benítez, 2011)

2.2.2.2 Fibra insoluble (FDI)

La FDI está integrada por sustancias (celulosa, hemicelulosa, lignina y almidón resistente) que retienen poca agua y se hinchan poco. Este tipo de fibra predomina en alimentos como el salvado de trigo, granos enteros, algunas verduras y en general en todos los cereales. (González, 2013)

2.2.2.2.1 Celulosa

Es un polímero lineal no ramificado de alto peso molecular formado por unidades de D-glucosa unidas por enlaces β (1-4). Los grupos hidroxilo de las unidades de glucosa favorecen la formación de puentes de hidrógeno intra e intercatenariamente lo que conduce a la formación de microfibrillas de 10 a 25 nm de espesor que forman una estructura cristalina muy estable. La celulosa es un compuesto muy higroscópico, se hincha, pero no se disuelve en agua ni en la mayoría de disolventes. (Gray, 2006)

En la figura 3 se muestra la representación esquemática de la celulosa

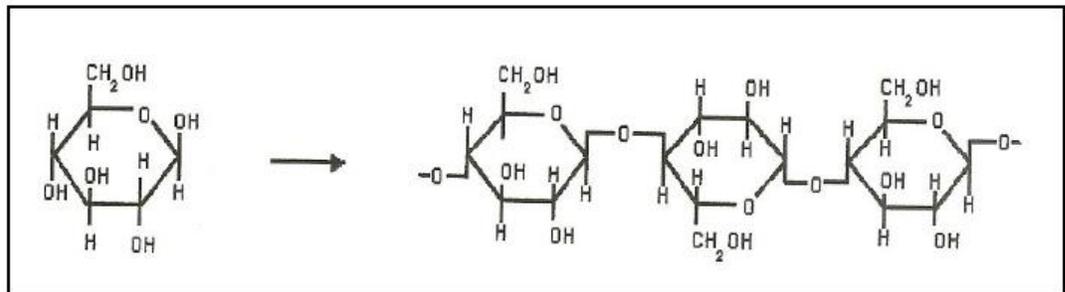


figura 3. Representación esquemática de la molécula de celulosa

Fuente: Lucena y Zapata (2011)

2.2.2.2.2 Hemicelulosas

Son polisacáridos de estructura compleja y composición química heterogénea que, junto con la celulosa, constituyen los polisacáridos mayoritarios de la pared celular. Se caracterizan por no formar agregados cristalinos, y por tanto su estructura es menos rígida que la celulosa. En general, son polímeros con

una cadena principal plana de azúcares con enlaces β (1-4), de la que puede salir un numero variable de ramificaciones. (Gray, 2006)

2.2.2.2.3 Lignina

La lignina es un copolimero altamente ramificado que consiste en una red tridimensional de varios tipos de estructuras de fenilpropano monomeric (monolignoles), principalmente: alcohol p-cumarilico, alcohol coniferilico y alcohol sinapilico (Ruales, 2015). A pesar de las diferentes composiciones que puede tener este compuesto, la formula genérica comúnmente utilizada es $C_{20}H_{19}O_{14}N_2$.

La lignina es relativamente hidrofóbica, de naturaleza aromática y altamente insoluble, incluso en ácido sulfúrico. (Ruales, 2015)

En la figura 4 se muestra la estructura de la lignina.

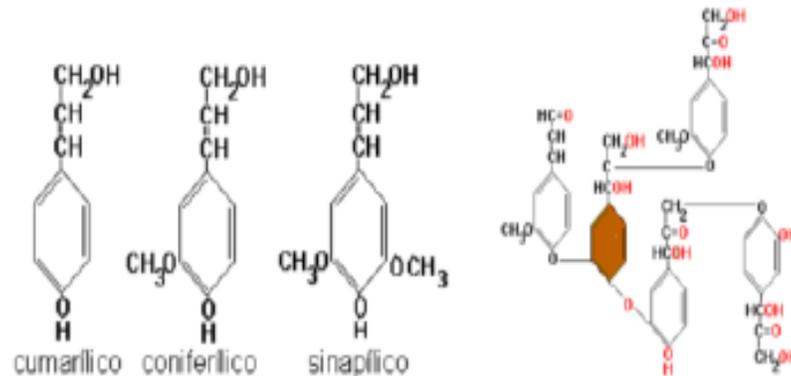


figura 4. Monómeros y estructura de la lignina

Fuente: Benítez (2011)

2.2.3 Propiedades funcionales de la fibra dietética

Son las responsables de los efectos fisiológicos y están influenciadas por la matriz estructural de la misma, la relación FDI: FDS, el tamaño de partícula, la fuente, así como por el grado y tipo de procesamiento llevado a cabo para su obtención. (Ospina *et al.*, 2016)

2.2.3.1 Capacidad de retención de agua (CRA)

La capacidad de retención de agua se define como la capacidad de un material húmedo para retener el agua cuando es sometido a una fuerza externa (Luo *et al.*, 2017), de esta propiedad depende el efecto fisiológico de la fibra y el nivel máximo de incorporación a un alimento (Díaz y Matos, 2011). Esta propiedad se determina al colocar la fibra en un exceso de agua con condiciones controladas de temperatura y tiempo para alcanzar el equilibrio. Posteriormente la fibra se somete a fuerzas externas controladas como la centrifugación y se calcula la relación entre la masa final de la fibra humedad y la masa inicial seca. (Ayala *et al.*, 2011)

2.2.3.2 Capacidad de retención de aceite (CRAc)

La capacidad de retención de aceite, es la máxima cantidad de aceite en ml, que puede ser retenida por gramo de material seco en presencia de un exceso de aceite bajo la acción de una fuerza. Las partículas con gran superficie presentan mayor capacidad para absorber y atrapar componentes de naturaleza aceitosa; la grasa es atrapada en la superficie de la fibra principalmente por medios mecánicos. (Baena y García, 2012)

2.2.3.3 Capacidad de hinchamiento (CH)

La capacidad de hinchamiento se define como el volumen de agua ocupada por el material hidratado inmerso en el exceso de agua (Luo *et al.*, 2017). Esta propiedad depende de factores como la composición química de la fibra, así como de características estructurales como la porosidad y la cristalinidad. (Raghavendra *et al.*, 2006; Yalegama *et al.*, 2013)

2.2.3.4 Tamaño de partícula

La operación de molienda puede provocar un aumento en propiedades como la capacidad de absorción de agua al incrementarse el área superficial de un producto. Por otro lado, la molienda es capaz de dañar estructuras dentro de las fibras en donde se realizan los procesos de intercambio acuoso y por tanto reducir la capacidad de absorción de agua. (Elleuch *et al.*, 2011)

2.2.3.5 Color

El hecho de que muchas fibras posean coloraciones con tonos amarillo o cafés, sabores particulares como amargos o a fruta, entre otros, limita su rango de aplicación como ingrediente alimentario para compensar esto, se puede recurrir a la utilización de métodos de purificación como lo son algunos tratamientos químicos de reducción de color o sabor de las fibras y de esta manera aumentar el rango de aplicabilidad. (Mayorga, 2013)

2.2.4 Fuentes de fibra dietética

La composición del polvo obtenido a partir de las cáscaras de piña se ha estudiado como una alternativa para fortificación de alimentos y sustitución de gluten producto (Umaña *et al.*, 2013). En la tabla 4 se muestra la composición química de polvos de piña.

Tabla 4. Composición química de polvos de piña

Componentes	%
Humedad	5.85 ± 0.31
Proteína	6.19 ± 0.21
Carbohidratos	83.77 ± 0.14
Extracto etéreo	0.29 ± 0.01
Cenizas	3.90 ± 0.04

Fuente: Umaña (2013)

En la tabla 5 se muestra la composición de fibra y sus componentes de los residuos de piña y a manera de comparación en la tabla 6 el contenido de fibra dietaria de diferentes residuos de frutas.

Tabla 5. Contenido de fibra en polvos de fibra de piña.

Contenido	% (base seca)
Fibra insoluble	11.57
Fibra soluble	2.08
Fibra total	13.65
Lignina	12.45
Celulosa	19.41
Hemicelulosa	18.63

Fuente: Elizondo y Campos (2014)

Tabla 6. Fibra dietaria total, insoluble y soluble de residuos de diferentes frutas en base seca.

Fuente de fibra	Variedad	FDT (%)	FDS (%)	FDI (%)	Relación FDI:FDS
Cascara de mango	Criollo	56.7	29.5	27.2	0.9:1
Cascara de maracuyá	S/D	62.5	15.6	46.9	3:1
Sáculos de naranja	S/D	79.0	33.9	45.0	1.3:1
Cascara de naranja	Valencia	64.3	10.3	54.0	5.3:1
Pulpa de manzana	Royal Gala	78.2	14.3	63.9	4.5:1
Limón	Fino 49	68.3	6.3	62.0	9.9:1

Fuente: Muñoz (2010)

2.2.5 Beneficios de la fibra dietética

2.2.5.1 Funcionalidad fisiológica de la FD

Varias investigaciones han logrado correlacionar el consumo de fibras dietéticas con la reducción en el riesgo de padecer distintas enfermedades y el mejoramiento de la salud. La funcionalidad fisiológica de las FD está asociada a múltiples factores como: la naturaleza y composición, las proporciones relativas de los componentes individuales de la fibra, la cantidad de fibra consumida, los tratamientos a los cuales ha sido sometido el alimento y el estado del organismo que consume la fibra son algunos de ellos.

Se ha reportado que las fibras dietéticas pueden aportar por lo menos una de las siguientes funciones (Elleuch *et al.*, 2011):

- Incrementar el bolo fecal
- Estimular la fermentación colónica
- Reducir la glucosa postprandial en sangre
- Reducir los niveles de colesterol postprandial

La ingesta recomendada de fibra total adecuada para los adultos es de 25 a 38 g / día (14 g / 1.000 kcal / día), según el Instituto de Medicina y el Departamento de Agricultura de EE.UU. (Nieto, 2013), sin embargo, existen informes de flatulencia y excesiva sensación de llenado abdominal cuando se consume fibra alimentaria en niveles muy altos (75 a 80 g/día). Aparte de ellos se ha informado que la fibra dietética produce malestar gastrointestinal en algunas personas con síndrome de colon irritable.

Sujetos en estudios experimentales con una ingesta de 10 a 50 g/día de inulina o FOS han informado síntomas de molestias digestivas, incluyendo laxación, flatulencia, hinchazón y calambres abdominales. A niveles más bajos de ingesta (5 a 10 g/día), los únicos efectos informados fueron hinchazón y flatulencia. (Gray, 2006)

2.2.5.2 Funcionalidad tecnológica de la FD

Estas son aquellas que brindan ventajas durante el procesamiento y desarrollo de productos. Elleuch *et al.* (2011) indican que la incorporación de FD en productos alimenticios ha sido empleada para producir los siguientes beneficios:

- Incrementar la capacidad de retención de agua o de aceite
- Incrementar las capacidades de emulsificación o formación de geles
- Modificar propiedades de textura
- Evitar sinéresis
- Estabilizar alimentos altos en grasa
- Mejorar la vida útil

En general, las fibras solubles (pectinas, gomas, carragenanos, alginatos, etc.) pueden ser empleadas como espesantes y agentes gelificantes, estabilizantes de emulsiones y espumas, formadores de films y agentes mimetizadores de grasa, encapsuladores de aroma y sabor, etc.; mientras que las fibras insolubles (celulosa y hemicelulosa) contribuyen a estabilizar sistemas alimenticios, mejoran la densidad del producto, disminuyen el “encogimiento” y actúan como agentes texturizantes que contribuyen a la sensación en la boca, etc. (Mayorga, 2013)

2.3 Pretratamiento de lavado

El lavado puede reducir el contenido de azúcares reductores, proteínas y ácidos urónicos entre otros componentes solubles dentro de la matriz sólida (Borchani *et al.*, 2011). La reducción en el contenido de azúcares reductores puede prevenir o reducir la extensión de reacciones de pardeamiento enzimático y no enzimático (Maillard). Estas reacciones pueden ocurrir durante la operación de secado a altas temperaturas y tiempos prolongados (De Moraes *et al.*, 2013), y pueden consecuentemente generar variaciones en la coloración de las fibras; por tanto, la incorporación de etapas de lavado en el procesamiento de fibras puede prevenir o reducir su pardeamiento.

En el cuadro 1 se muestra la comparación de las principales técnicas de desarrollo de fibras dietéticas según sus ventajas y desventajas, así como las operaciones predominantes según la técnica.

Cuadro 1. Comparación de las principales técnicas de desarrollo de fibras dietéticas.

Operaciones unitarias predominantes según técnica	Ventajas relativas	Desventajas relativas
Materia prima - secado – molienda	<ul style="list-style-type: none"> - Alta concentración de compuestos bioactivos y de fibra dietética - Proceso productivo simple - Baja generación de residuos - Bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> - Producto final de baja purea - Se limita su aplicación al contener diversos compuestos en su matriz - Poca innovación en el proceso productivo, por tanto bajas barreras competitivas de entrada
Materia prima – Extracción – secado – molienda (agua y/o etanol)	<ul style="list-style-type: none"> - Producto final purificado en cierto nivel - Oportunidad de recuperar y reutilizar el líquido de extracción - Se amplía el rango de aplicación del producto al tener un cierto nivel de pureza 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de compuestos bioactivos solubles y de fibra soluble - Mayor generación de residuos - Aumento de costos en el proceso productivo por la incorporación de la etapa de extracción
Materia prima – hidrolisis enzimática – secado-molienda	<ul style="list-style-type: none"> - Barrera de entrada se incrementan al emplear tecnologías enzimáticas - Producto con mayor pureza al haber procesos de hidrolisis 	<ul style="list-style-type: none"> - Costos elevados de producción
Combinaciones de las anteriores + adición de operaciones varias (ejm. lavado, escaldado)	<ul style="list-style-type: none"> - Combinaciones de las anteriores según metodología específica, entre otras 	

Fuente: Mayorga (2013)

2.4 Secado

El secado es una operación unitaria que se basa en la reducción del contenido de humedad de un alimento, mecanismo que previene el crecimiento y la reproducción microbiana, así como el desarrollo de las reacciones de deterioro en donde interviene la humedad. (Mayorga, 2013).

2.4.1 Secado por aire caliente

En el secado con aire caliente, la transferencia de calor se da principalmente por mecanismos de convección el aire se encarga de proveer el calor sensible y latente para evaporar el agua del producto. Este aire también actúa como un gas portador que remueve el vapor de agua generado en la superficie del producto (Mayorga, 2013)

Este tipo de secado supone una mayor reducción del volumen de las muestras lo que, junto al empleo de elevadas temperaturas, puede ocasionar un colapso en la estructura del alimento, directamente relacionado con una menor capacidad de rehidratación, así como una mayor pérdida, entre otros, del color y de valor nutritivo. (Ramesh, *et al.*, 2001). Otro cambio también es la textura debido al encogimiento celular provocado por la pérdida de agua y las altas temperaturas, así como el posible cambio de estado gomoso a vítreo.

2.4.2 Liofilización

La liofilización es una tecnología recomendada en la deshidratación de alimentos, que contienen componentes funcionales sensibles al calor, tales como tocoferoles, ácido ascórbico, carotenoides y fenoles (Shofian *et al.* 2011). El proceso comienza con la congelación del alimento, a una velocidad lenta, donde se promueve la formación de cristales grandes, facilitando la eliminación de la humedad, pero afecta la estructura de la membrana celular del vegetal; mientras una velocidad rápida, minimiza el daño en la estructura, por la formación de cristales pequeños, de igual manera, cuando se congela por métodos criogénicos, pero se requiere más tiempo en el secado (Silva *et al.* 2016).

El cambio de fase de sólido a gas o sublimación, debe realizarse en condición de presión y temperatura menor a las del punto triple (punto en el que conviven los tres estados de la materia) y por debajo de éste no existe la fase líquida. (Parra, 2013)

En la figura 5, se representa la presión de vapor del agua en función de su temperatura.

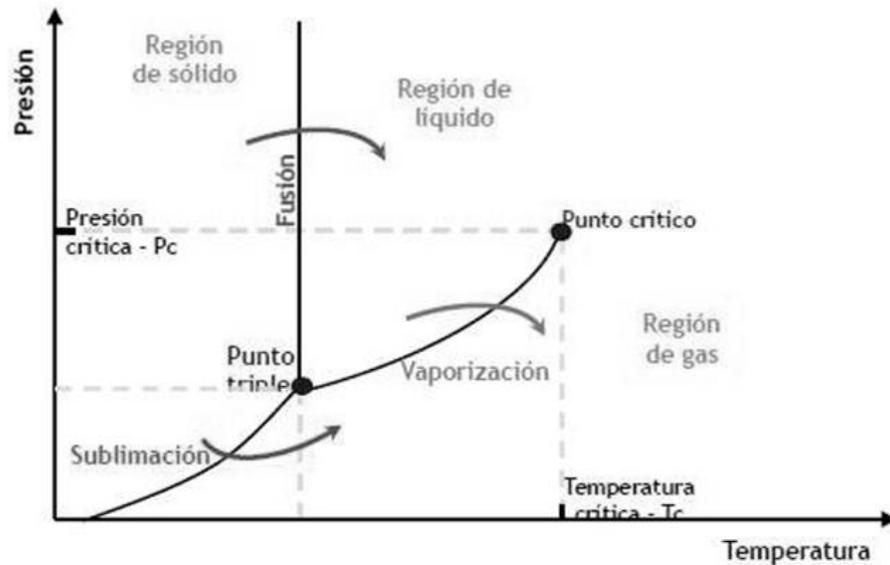


figura 5. Representación de la presión de saturación del agua en función de su temperatura.

Fuente: Clementz & Delmoro (2011)

2.4.2.1 Etapas de la liofilización

a. Congelación

El proceso de congelación puede dividirse en dos fases: formación y crecimiento de cristales de hielo y descenso de la temperatura hasta el punto eutéctico del producto, garantizándose cristalización completa (Huaraca, 2011). Aquí se busca que el producto ya congelado tenga una estructura sólida sin intersticios en los que haya líquido concentrado para propiciar que en la etapa posterior el secado ocurra solo por sublimación. (Shofian *et al.*, 2011). En la figura 6 se observa las 3 etapas del ciclo de liofilización.

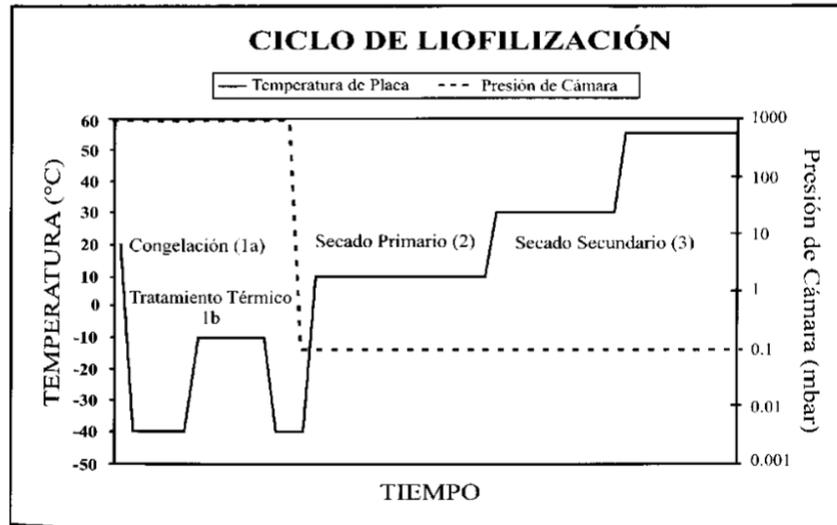


figura 6. Historia térmica de un proceso de liofilización.

Fuente: Orrego (2008)

b. Sublimación

En el secado primario el hielo se retira de la muestra mediante sublimación, desde la fase sólida a la gaseosa. El vapor de agua se retira de la matriz de diferentes formas: si hay canales en la estructura escapa por ellos, y al hacerlo se propicia la aparición de nuevos poros; si no hay canales disponibles, las moléculas de agua se difunden hasta llegar a los poros generados en la zona seca desde donde escapan de la muestra. (Orrego, 2008)

c. Secado

Aquí ocurre la remoción del vapor de agua retirado durante la etapa del secado primario. En esta etapa se eleva la temperatura un poco más que en la fase anterior, para romper cualquier interacción físico-química entre las moléculas de agua y el material congelado. (Rueda, 2008)

2.4.2.2 Ventajas y desventajas de la liofilización

En la tabla 7 se presenta las ventajas y desventajas de la liofilización.

Tabla 7. Ventajas y desventajas de la liofilización

Secado convencional	Liofilización
-Recomendado para obtener alimentos secos (verduras y granos)	-Recomendado para la mayoría de alimentos pero se ha limitado a aquellos que son difíciles de secar mediante otro métodos.
-Es poco satisfactorio para carne	-Recomendado para carnes crudas y cocidas
-Rango de temperatura 37-93°C	-Temperaturas debajo del punto de congelación
-Presiones atmosféricas	-Presiones reducidas (27-133 Pa)
-Se evapora el agua de la superficie del alimento	-Se sublima el agua del frente de congelación
-Movimiento de solutos, lo que causa algunas veces endurecimiento	-Movimiento mínimo de solutos
-Las tensiones en alimentos sólidos causan daño estructural y encogimiento.	-Cambios estructurales y encogimiento mínimo.
-Rehidratación incompleta o retardada	-Rehidratación completa o rápida
-Partículas porosas secas tienen a menudo una densidad más alta que el alimento original.	-Partículas porosas secas tienen a menudo una densidad más baja que el alimento original.
-Olor y sabor frecuentemente anormal	-Olor y sabor normalmente intensificado
-Color frecuentemente más oscuro	-Color normal
-Valor nutritivo reducido	-Nutrientes retenidos en gran porcentaje
-Costos generalmente bajos	-Costos generalmente altos, aprox. 4 veces mas

Fuente: Colchado y Velásquez (2015)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

- Laboratorio de Control de Calidad del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial: Lugar donde se realizaron las pruebas de determinación de fibra dietética total, fibra dietética insoluble y propiedades funcionales de la fibra dietética.
- Laboratorio de Operaciones Unitarias del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial: Lugar donde se llevó a cabo el secado del bagazo de piña empleando el secador de bandejas.
- Laboratorio de Diseño y Formulación de nuevos productos: Lugar donde se llevó a cabo el secado del bagazo de piña empleando el liofilizador.
- Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales de la E.A.P. Ingeniería Agroindustrial: Lugar donde se llevó a cabo la determinación de azúcares reductores, además de los análisis proximal y fisicoquímico.
- Planta Piloto Agroindustrial: lugar donde se realizó el acondicionamiento de la materia prima y la obtención del bagazo de piña.

3.2 Materiales

3.2.1 Materia Prima

Para realizar este trabajo de investigación, se adquirió un lote de piña de la *variedad Golden* en el Mercado “La Perla” de Chimbote proveniente de la ciudad de Chanchamayo, de calibre “C” (peso 1.9-2.3 kg), en estado maduro (color de cascara 4), según CODEX STAN 182-93.

3.2.2 Equipos

Tabla 8. Equipos de trabajo que se emplearon en la investigación

EQUIPO	MARCA	MODELO	PAIS DE ORIGEN
Liofilizador	Labconco	FREEZONE 6 PLUS	Estados Unidos
Secador de bandejas	Torrh	SBT-10XL	Perú
Determinador de Fibra	FOSS	FIBERTEC 1023	Dinamarca
Equipo Kjeldahl	FOSS	KJELTEC 8100	Estados Unidos
Equipo Soxhlet	FOSS	SOXTEC	China
Mufla	Thermolyne	FB1310M-26	Alemania
Estufa	BLUE-M	SW-17TC-1	Estados Unidos
Centrifuga refrigerada	SIGMA	4-16 KS	Alemania
Molino ultracentrífugo	RETSCH	ZM 200	Estados Unidos
Tamizador magnético	RETSCH	AS 200	Estados Unidos
Balanza analítica	Precisa	LX220A	Suiza
pH-metro	Thermo Scientific	ORION S.A21	Estados Unidos
Refractómetro	RUDOLPH	A24051-CC	Estados Unidos
Espectrofotómetro	UNICO	SQ2800	Estados Unidos
Colorímetro digital	Konica Minolta	CR-400T	Japón
Sensores de temperatura	Data Trace	M4T1	Estados Unidos
Multiparametro	Thermo Scientific	ORION VERSASTAR	Estados Unidos
Baño María	COLE PARMER	8892	Estados Unidos
Equipo Actividad de agua	ROTRONIC	Hydrolab2	Perú
Agitador de tubos	IKA	MS3	Estados Unidos
Agitador magnético	IKA	HS7	Estados Unidos

3.2.3 Reactivos e insumos

a. Insumos

- Agua potable
- Hipoclorito de sodio (4.25 %)
- Aceite de soya

b. Reactivos

- Agua destilada
- Etanol 95% (6 L)
- Acetona
- Tampón fosfato sódico 0.2 M; pH 7.0
- Tampón fosfato 0.8 M; pH 6.0
- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Solución de Ácido bórico
- Solución de ácido clorhídrico 0.325 ml de HCl 1M, a 1L con agua
- Fenolftaleína 1%
- Ácido sulfúrico concentrado 0.1 N (250 ml)
- Hexano (450 ml)
- Acido 3,5-dinitrosalicilico DNS (0.5 g)
- Estándar de glucosa 99.5%, Sigma Aldrich (0.1 g)
- Enzimas:

El kit enzimático para determinación de fibra dietética fue adquirido de la corporación Megazyme, requiriéndose 12 ml de proteasa, 6 ml de α -amilasa y 12 ml de amiloglucosidasa, para cubrir toda la demanda necesaria para las experiencias diseñadas según el modelado estadístico planeado.

- Especificaciones de proteasa:

Actividad Enzimática: 8 U/mg enzima

pH: 5.5 – 10.0

Temperatura (°C): 60

- Especificaciones de α -amilasa:

Actividad Enzimática: 3000 U/ml

pH: 5.5 – 10.0

Temperatura (°C): 90

- Especificaciones de amiloglucosidasa:

Actividad Enzimática: 3300 U/ml

pH: 5.5 – 10.0

Temperatura (°C): 60

d. Materiales de vidrio

- Probetas de 100 y 500 ml
- Vasos de precipitado 500 y 1000 ml
- Matraces Erlenmeyer de 250 y 500 ml
- Tubos de ensayo
- Pipetas de 1,2,5, 10 ml
- Tubos de centrifuga
- Cisoles de vidrio

e. Otros materiales

- Mesas de acero inoxidable
- Jarras plásticas
- Cuchillos
- Recipientes de acero inoxidable
- Papel aluminio
- Papel toalla
- Organza (tamaño de poro: 50 μm)
- Bolsas de polipropileno

3.3 Métodos

3.3.1 Obtención de harina de bagazo de piña

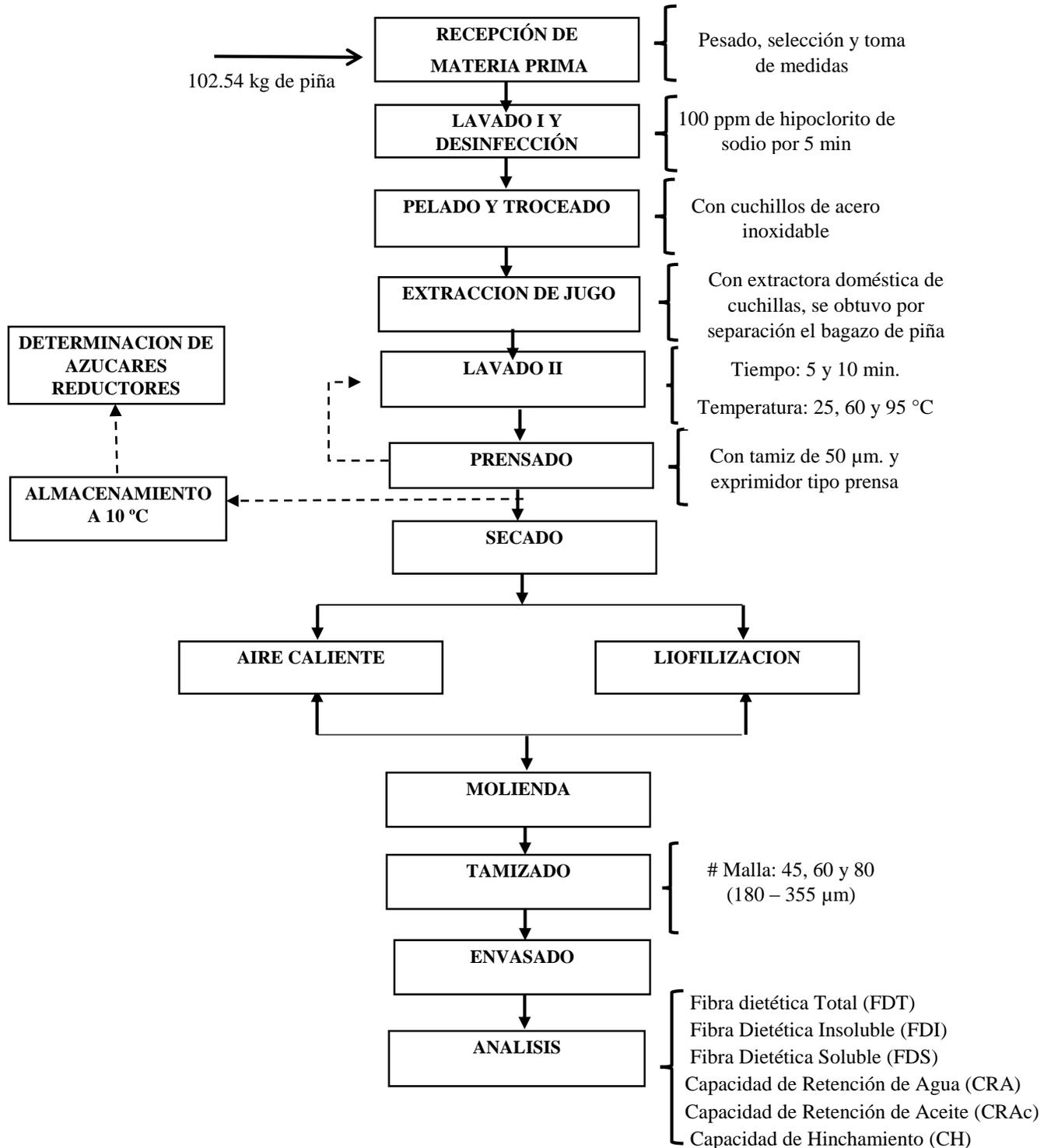


figura 7. Diagrama de flujo para la obtención de harina a partir de bagazo de piña

3.3.2 Descripción de las etapas

A continuación, se detallan cada una de las etapas que se realizaron para la obtención de harina de bagazo de piña.

3.3.2.1 Recepción de materia prima

La materia prima se transportó cuidadosamente en jabas de madera, luego se pesó y se separaron aquellas piñas con signos de deterioro o pudrición. Posteriormente se tomó las medidas de una muestra de 10 piñas con la ayuda de un vernier.

Se empleó piña del calibre “C” (peso 1.9-2.3 kg), en estado maduro (color de cascara 4), según CODEX STAN 182-93.

3.3.2.2 Lavado I y desinfección

Se retiraron las coronas y se lavaron las piñas con abundante agua para eliminar restos de tierra y materias extrañas adheridos en la cáscara. Posteriormente, se sumergieron las piñas en una solución de hipoclorito de sodio (100 ppm) por 5 minutos, de esta forma aseguramos la reducción de la carga microbiana de la superficie de la materia prima.

3.3.2.3 Pelado y trozado

A la piña lavada y desinfectada, se le retiró la cascara con la ayuda de cuchillos de acero inoxidable, luego se cortaron en trozos de aproximadamente 2 ± 0.3 cm de espesor para la extracción del jugo.

3.3.2.4 Extracción de jugo

Aquí se extrajo el jugo de los trozos de piña con la ayuda de una extractora de cuchillas (Marca: Black & Decker, Modelo: JE1500), y se obtuvo por separación el bagazo de piña como subproducto. Este bagazo aún se encontraba húmedo, por lo que se prensó con ayuda de un tamiz de 50 μ m aplicando presión manual.

3.3.2.5 Lavado II

En esta operación se evaluó el tiempo de contacto (5 y 10 min.) y temperatura de agua de lavado (25, 60 y 95°C). Para ello el bagazo previamente pesado (1 batch de 250 g), se colocó en una canastilla de acero inoxidable, luego se situó dentro de un baño termorregulado, (con control decimal de temperatura, para mantener la temperatura deseada del agua de lavado) al cual se llenó hasta la mitad de su capacidad con agua, posteriormente al bagazo se le agregó agua gradualmente en una proporción de agua-materia prima de 3.5:1, para luego ser prensado.

Se evitó sumergir completamente la canastilla con el bagazo, ya que esto permitiría mayor lixiviación de la fibra soluble, dado que el bagazo se encuentra desmenuzado (puré); cabe recalcar que se cambió el agua de lavado después de cada batch y experimento.

3.3.2.6 Prensado

Esta operación se realizó con la finalidad de reducir el contenido de humedad superficial de la materia prima y así favorecer un adecuado secado. Para llevar a cabo esta operación se empleó un tamiz de 50 μm . y se prensó el bagazo (en porciones de 150 g) con la ayuda de un exprimidor manual de cítricos tipo prensa, realizándose en continuo después de cada lavado.

3.3.2.7 Secado

Se realizaron dos tipos de secado: liofilización y secado con aire caliente. En ambos casos se disminuyó el tamaño de partícula del bagazo de manera manual, hasta un tamaño aproximado de 3 cm \pm 0.2 de largo.

3.3.2.7.1 Liofilización

Se empleó un liofilizador a escala de laboratorio (marca: LABCONCO). La materia prima se colocó sobre bandejas de acero inoxidable de 0.09 m², haciendo una densidad de carga de 1.5 kg/m². La liofilización se llevó a cabo por el método tradicional donde la etapa de congelación se realizó a una temperatura de -40 °C a presión atmosférica. En la etapa de sublimación se programó una temperatura de placa de -10 °C, y a presión de vacío de 0.08 mbar.

El proceso de liofilización finalizó luego de 23 horas cuando el bagazo llegó a una temperatura de 30°C. Todo el proceso se monitoreó con sensores Data trace, que registran los datos de temperatura en tiempo real cada minuto.

3.3.2.7.2 secado con aire caliente

Para esta operación se utilizó un secador de bandejas (Marca: Torrh). La materia prima se colocó sobre bandejas de 1 m², la cual tenía 3 compartimientos de 0.33 m²; haciendo una densidad de carga de 1.5 kg/m² para cada tratamiento. Para el secado del bagazo de piña se empleó una temperatura de 60°C durante un periodo de 10 horas, hasta obtener una humedad menor a 0.12 kg de agua/100 kg m.s. La velocidad del aire fue de 20 hz y la presión empleada de 1 atmosfera.

3.3.2.8 Molienda

Para esta operación se empleó un molino ultra centrifugo (Marca: RETSCH, Modelo: ZM 200)., el cual gracias a su sistema de trituración en dos etapas con rotor-tamiz anular de 12 dientes, la muestra permanece por tiempos cortos en la cámara de molienda, de manera que no se calienta y se preservan las propiedades del producto. Aquí se redujo el tamaño de partícula del producto fibroso mediante la operación de molienda, empleando una velocidad de rotor de 9000 rpm.

3.3.2.9 Tamizado

Para esta operación se empleó un tamizador magnético (marca: RETSCH) con juego de tamices de laboratorio (malla 45, 60 y 80), con el fin de obtener partículas homogéneas. Este tamizador tiene un rango de medición de 20 µm a 25 mm. Se empleó una amplitud de 60% y el tiempo de operación fue de 10 minutos por batch.

3.3.2.10 Envasado

Se emplearon bolsas de polipropileno, recubiertas con papel de aluminio plastificado para mantener constante la humedad de la HBP obtenida y proteger la integridad del producto obtenido hasta el día de los análisis respectivos.

3.3.3 Métodos de caracterización de materia prima

3.3.3.1 Caracterización fisicoquímica

3.3.3.1.1 Determinación del color

La determinación del color se realizó empleando un colorímetro C400 (Marca: Kónica Minolta, Modelo: CR-400). El color se expresó según la escala de color CIELab.

3.3.3.1.2 Determinación de sólidos solubles

La determinación del contenido de sólidos solubles se realizó con un refractómetro (Marca: RUDOLPH, Modelo: A24051-CC), haciendo la lectura de °Brix directamente del equipo.

3.3.3.1.3 Determinación de pH

El pH se determinó con un potenciómetro digital (Marca: Thermo Scientific), siguiendo el método 981.12 establecido por la AOAC (2005).

3.3.3.1.4 Determinación de acidez titulable

La acidez titulable expresada como porcentaje de ácido cítrico se determinó en base al método 942.15 de la AOAC (2005) para frutas frescas.

3.3.3.1.5 Determinación de azúcares reductores

Se realizó mediante el método de la AOAC, modificado por Miller (1957), empleando el reactivo DNS.

3.3.3.2 *Análisis proximal*

3.3.3.2.1 *Determinación de humedad*

Se determinó la humedad en estufa, siguiendo el método 925.09 establecido por la AOAC (2005).

3.3.3.2.2 *Determinación de cenizas*

Se determinó el contenido de ceniza mediante la calcinación de la muestra en mufla a 550 °C, siguiendo el método 923.03 establecido por la AOAC (2005).

3.3.3.2.3 *Determinación de proteínas*

Se determinó el contenido de nitrógeno mediante el método de Kjeldahl, siguiendo el método 954.01 establecido por la AOAC (2005).

3.3.3.2.4 *Determinación de grasa*

Se determinó el contenido de grasa usando hexano como solvente, siguiendo el método 920.39 establecido por la AOAC (2005).

3.3.3.2.5 *Determinación de carbohidratos*

Se determinó por diferencia de 100 % menos la suma de los porcentajes de humedad, grasa, ceniza y proteína.

$$\% C = 100 - (\% \text{ Humedad} + \% \text{ Proteína} + \% \text{ Grasa} + \% \text{ Cenizas})$$

3.3.3.3 *Caracterización física*

3.3.3.3.1 *Determinación de talla*

Se determinó el diámetro ecuatorial en tres puntos equidistantes a 120° y el diámetro longitudinal medido desde la parte superior una vez retirada la corona hasta la base del fruto con la ayuda de un vernier. (García, 2010)

3.3.3.3.2 *Determinación de masa*

Se determinó empleando una balanza electrónica.

3.3.4 **Métodos de caracterización de producto final**

3.3.4.1 *Determinación de fibra dietética*

3.3.4.1.1 *Determinación de fibra dietética total (FDT)*

Para evaluar el contenido de fibra dietética total se utilizó el método enzimático-gravimétrico (AOAC, 1995; método 985.29).

3.3.4.1.2 *Determinación de fibra dietética insoluble (FDI)*

Se realizó en forma similar a la FDT, pero eliminando el paso de adición del volumen de alcohol al 95% en relación 1:4 (Prosky *et al.*, 1988). Los cálculos se realizaron en forma similar a los empleados en la determinación de FDT.

3.3.4.1.3 *Determinación de fibra dietética soluble (FDS)*

Se obtuvieron por diferencia entre la fibra dietética total y la fracción insoluble.

3.3.4.2 *Determinación de propiedades funcionales*

3.3.4.2.1 *Determinación de capacidad de retención de agua (CRA)*

Se determinó mediante el método de Mayorga (2013). Se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$CRA = \frac{W_f - W_i}{W_i}$$

3.3.4.2.2 *Determinación de capacidad de hinchamiento (CH)*

Se determinó mediante el método de Raghavendra *et al.* (2006). Se calculó según la siguiente expresión:

$$CH = \frac{Vf \text{ (ml)} - Vo \text{ (ml)}}{\text{peso de muestra (g)}}$$

3.3.4.2.3 *Determinación de capacidad de retención de aceite (CRAc)*

Se empleó el método planteado por Mayorga (2013). La CRAc se calculó mediante la siguiente formula:

$$CRAc = \frac{Wf - Wi}{Wi}$$

3.3.4.3 *Propiedades físicas asociadas a la fluidez*

3.3.4.3.1 *Determinación de densidad aparente*

Se calculó según Larrauri *et al.*, (1995) mediante la fórmula:

$$\rho a = m/v$$

Dónde:

m: masa del material (g)

v: volumen ocupado por el material (ml)

3.3.4.3.2 *Determinación de la densidad de asentamiento*

Se colocó 100 g de muestra en una probeta, se colocó la misma en un vibrador a intensidad máxima durante 15 minutos y se determinó el volumen ocupado por el material. (Larrauri *et al.*, 1995)

3.3.4.3.3 *Determinación del tiempo de vaciado*

Se tomó 100 g del material y se vertió en un embudo de acero inoxidable y se midió el tiempo en segundos que demora en deslizarse a través del mismo (Larrauri *et al.*, 1995)

3.3.4.3.4 Determinación de velocidad de vaciado

Se calculó según Larrauri *et al.*, (1995) mediante la fórmula:

$$V = m / 0.785 \times d_2 \times t$$

Dónde:

m = masa del material (g)

d₂ = diámetro de salida del embudo (cm)

t = tiempo de vaciado (s)

3.3.4.3.5 Determinación de ángulo de reposo

Se determinó el ángulo de reposo según Larrauri *et al.*, (1995), entre el cono formado por el material y la superficie mediante la fórmula:

$$\alpha = \arctg (h / r)$$

Dónde:

h = altura del cono (cm),

r = radio del cono (cm)

3.3.4.4 Análisis Microbiológico

Se realizó recuentos de mohos y levaduras y organismos aeróbicos mesófilos (UFC/g).

- Aeróbicos mesofilos totales (ICMSF, 1983).
- Mohos y levaduras (ICMSF, 1983).

3.3.5 Diseño experimental

Se construyó la matriz experimental utilizando el software estadístico STATGRAPHICS CENTURIÓN. Se definieron 3 variables independientes: tiempo y temperatura de pretratamiento de lavado y tipo de secado (aire caliente y liofilización), y como variables de respuestas: FDT, FDI, FDS y proporción FDI: FDS.

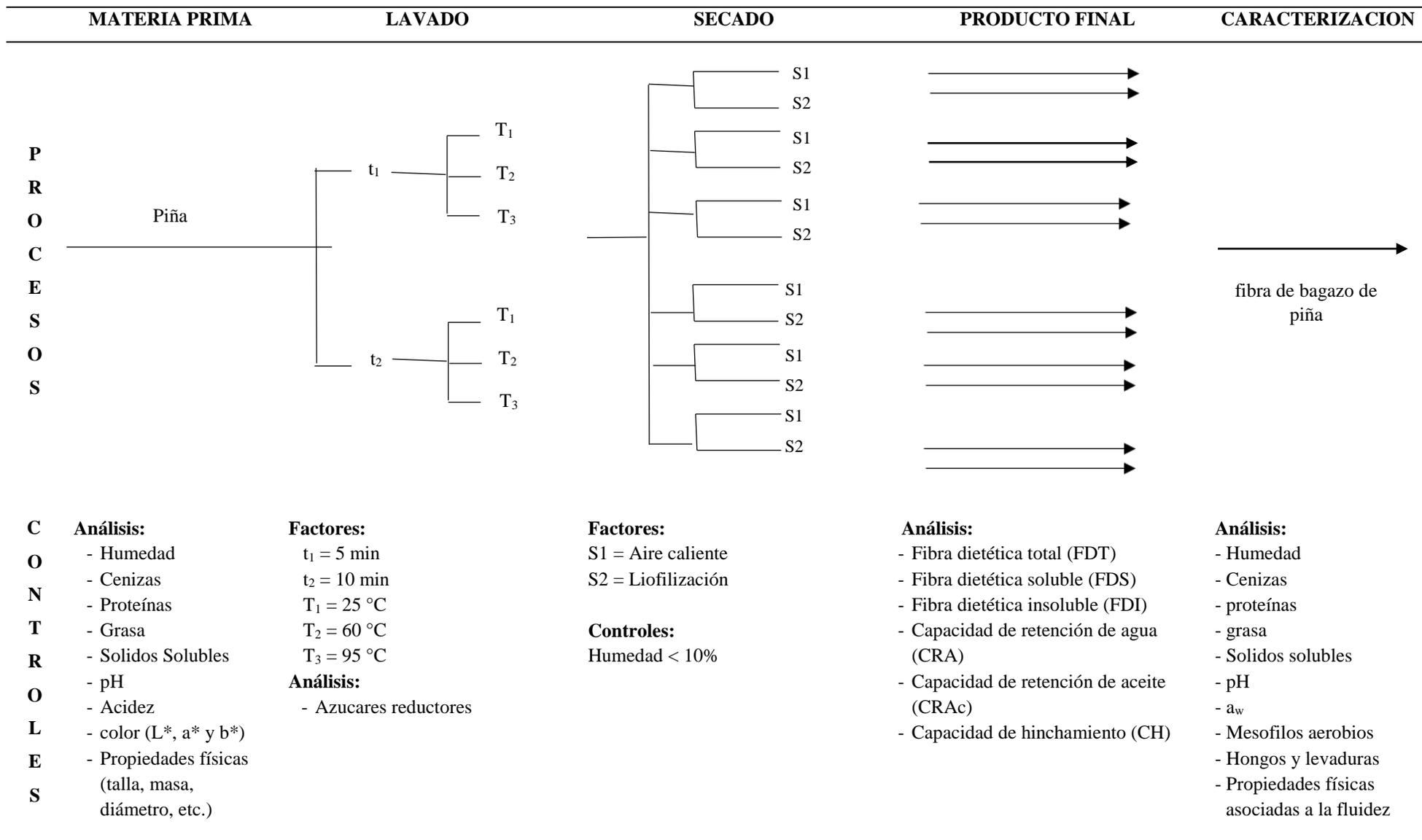
En la tabla 9 se muestra la matriz experimental que contempla el diseño empleado.

Tabla 9. Matriz experimental para el diseño multifactorial

Tratamientos	Tiempo lavado (min)	Temperatura lavado (°C)	Tipo de secado
T1	5	25	Aire caliente
T2	5	60	Aire caliente
T3	5	95	Aire caliente
T4	10	25	Aire caliente
T5	10	60	Aire caliente
T6	10	95	Aire caliente
T7	5	25	Liofilización
T8	5	60	Liofilización
T9	5	95	Liofilización
T10	10	25	Liofilización
T11	10	60	Liofilización
T12	10	95	Liofilización

A continuación, en el cuadro 2 se muestra el diagrama experimental del presente estudio.

Cuadro 2. Diagrama experimental para la obtención de fibra de bagazo de piña



3.3.6 Diseño estadístico

Se empleó un diseño multifactorial con arreglo factorial de 2x2x3, realizando por triplicado cada experimento. Mediante un ANOVA se determinó la significancia de los factores sobre las variables de respuesta, y finalmente se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey para detectar cuales factores son significativamente diferentes para las distintas variables de respuesta, con una significancia del 5%.

Los resultados se evaluaron mediante el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + T_j + S_k + (t, T)_{ij} + (t, S)_{ik} + (T, S)_{jk} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación individual

μ = media general

t_i = Tiempo de lavado (i = 2 niveles)

t_1 = 5 min

t_2 = 10 min

T_j = Temperatura de lavado (j = 3 niveles)

T_1 = Temperatura ambiente (25 °C)

T_2 = 60 °C

T_3 = 95 °C

S_k = Tipo de secado (k = 2 niveles)

S_1 = Aire caliente

S_2 = Liofilización

E_{ijk} = Efecto del error experimental

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de la materia prima

En la tabla 10 se presenta la caracterización proximal y fisicoquímico de la piña.

Tabla 10. Caracterización proximal y fisicoquímico de la piña Var. Golden

Análisis	Base Húmeda	Base Seca
Humedad (%)	83.39 ± 0.05	-
Grasa (%)	0.17 ± 0.04	1.02 ± 0.22
Proteínas (%)	0.81 ± 0.02	4.87 ± 0.15
Cenizas (%)	1.05 ± 0.13	6.32 ± 0.8
Carbohidratos (%)	14.58 ± 0.13	87.78 ± 0.79
Carbohidratos disponibles (%)	11.92 ± 0.17	71.79 ± 1.01
Fibra dietética (%)	2.66 ± 0.12	16.2 ± 0.72
pH	3.75 ± 0.08	-
Acidez titulable (%)	0.61 ± 0.03	3.7 ± 0.12
Sólidos solubles (°Brix)	14.16 ± 0.1	85.26 ± 0.6
Azúcares reductores (g/l)	31.14 ± 1.49	175.48 ± 8.97

Los resultados del análisis proximal y fisicoquímico mostrado en la tabla 10 permiten observar la presencia de dos grupos de compuestos principales: contenido de proteína, cenizas y grasa son bajos al ser comparados con el contenido de carbohidratos. Esto coincide con la bibliografía, que señala que por lo general las frutas son pobres en proteínas y lípidos (Cámara *et al.*, 2008).

En cuanto al contenido de cenizas, diversas investigaciones en piña reportaron contenidos mayores a los obtenidos; Ackom & Tano-Debrah (2012) reportaron un contenido de 9.3 g/100 g en b.s en un subproducto pulposo de piña, mientras que Miguel (2008), reportó 8.21 g/100 g en b.s en pulpa de piña variedad Cayena lisa cosechada en Satipo (Perú). Estas diferencias pueden ser el resultado tanto de las variaciones entre genotipos como del manejo particular de cada cultivo.

El pH obtenido tendió a ser bajo, debido a la naturaleza acida de las frutas, es similar a lo reportado por Martínez (2015), 3.84 y 3.5 para la variedad MD-2 y cayena respectivamente y mayor a lo reportado por Ackom & Tano-Debrah (2012) con un pH de 3.6 para piña cultivada en Ghana; mientras que la acidez fue menor que lo reportado por Pinheiro *et al.* (2006) que indican para piña cosechada en Brasil un intervalo de 0.68-0.98 %; según la FAO (2010) la acidez de la piña se debe a que contiene entre 0.6% a 0.9% de ácidos, de los cuales el 87% es ácido cítrico.

Según lo reportado por Ramulu & Rao (citado por Jiménez, 2015), la piña presenta 20g/100g fibra dietaria, correspondiendo 16.43 % a FDI y 3.57 % a FDS, este resultado es mayor al obtenido, esto se puede deber a la variedad y estadio de madurez.

El contenido de azúcares reductores obtenido es similar al reportado por Martínez (2015) para la variedad MD-2 (32.10 g/l) y mayor que la variedad cayena (20.92 g/l), esta diferencia debido al grado de madurez en la cosecha y el clima.

Por otra parte, cabe anotar que la piña presentó un alto contenido de humedad lo que, acompañado de su alto contenido de carbohidratos y proteínas, la hace un producto altamente fermentable debido a reacciones enzimáticas.

En cuanto al color se obtuvieron los parámetros que se presentan en la tabla 11.

Tabla 11. Parametros de color de la pulpa de piña var. Golden

Parámetro de color	L*	a*	b*	C*	H*
Valores	80.32	-6.67	48.99	49.46	98.01

Los parámetros de color de la piña *Var. Golden*. describieron un fruto de color amarillo intenso. El valor de luminosidad (L^*) de 80.32, indica cercanía al blanco. El valor a^* se encuentra muy cercano a 0 lo que significa que no hay color predominante entre el verde y el rojo. El valor b^* indica, al poseer un valor positivo, que hay mayor tendencia al extremo amarillo.

El valor de cromaticidad (C^*) señaló una alta saturación del color, dado que el fruto se encontraba en un estado de madurez comercial, por ende, el color amarillo intenso y al observar el valor de ángulo de tono obtenido (H^*) es posible ubicar a la piña entre el tono verde y amarillo.

En la tabla 12 se presentan los resultados de la caracterización física de la piña *Golden*.

Tabla 12. Características físicas de la piña *var. Golden* (n=10)

Características físicas	valores
Longitud (cm)	36.1 ± 1.44
Diámetro ecuatorial (cm)	13.6 ± 0.18
Diámetro longitudinal (cm)	17.3 ± 0.49
Longitud de corona (cm)	18.5 ± 1.5
Masa total (kg)	2.04 ± 0.12
Masa de corona (kg)	0.21 ± 0.02
Masa sin corona (kg)	1.82 ± 0.11

Los resultados de talla y masa obtenidos, según la tabla 12, son similares a los reportados por Rodríguez *et al.* (2016), en piña variedad MD-2 cosechadas en Cuba, para diámetro longitudinal (15.15 cm), diámetro ecuatorial (11.1 cm), longitud de corona (18.5 cm), masa sin corona (1.52 kg) y masa total (1.68 kg), debido a que ambas pertenecen a la misma variedad y posiblemente tuvieron similar manejo precosecha.

4.2 Resultados de la etapa de pretratamiento de lavado

Durante la etapa de lavado ocurre la lixiviación de componentes solubles en agua a cierto tiempo y temperatura por lo cual en esta investigación uno de los objetivos fue disminuir el contenido de azúcares reductores que puedan producir reacciones de pardeamiento no enzimático durante el secado, originando cambios en la coloración de la fibra; es por ello que se determinó el contenido de azúcares reductores en los 6 tratamientos combinados de tiempo y temperatura.

En la tabla 13 se presenta los resultados del análisis de azúcares reductores en los tratamientos realizados.

Tabla 13. Contenido de azúcares reductores en bagazo de piña sometido a lavado

Tratamientos	Azúcares Reductores (g/100g)	Reducción de A.R. (%)
Control	3.464 ^e ± 0.36	-
T1	2.449 ^d ± 0.27	29.30
T2	1.807 ^c ± 0.21	47.83
T3	0.780 ^{ab} ± 0.14	77.49
T4	2.129 ^d ± 0.29	38.53
T5	0.972 ^b ± 0.11	71.95
T6	0.368 ^a ± 0.10	89.38

Para cada columna no existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores que comparten una misma letra (Prueba de Fisher al 95% de confianza)

De la tabla 13, se observa que el T6 que consistió en temperatura de agua de lavado a 95°C y tiempo de contacto de 10 min. origino mayor reducción de azúcares reductores, encontrándose diferencia significativa en comparación al tratamiento control, al respecto, Pedreschi *et al.*; Mariotti *et al.*, (citado por Illanés, 2014) mencionan que altas temperaturas de escaldado tienen como consecuencia una extracción más agresiva de azúcares, ocasionando una pendiente más pronunciada a medida que aumenta la temperatura de escaldado.

En el grafico 1 se presenta el comportamiento de azúcares reductores.

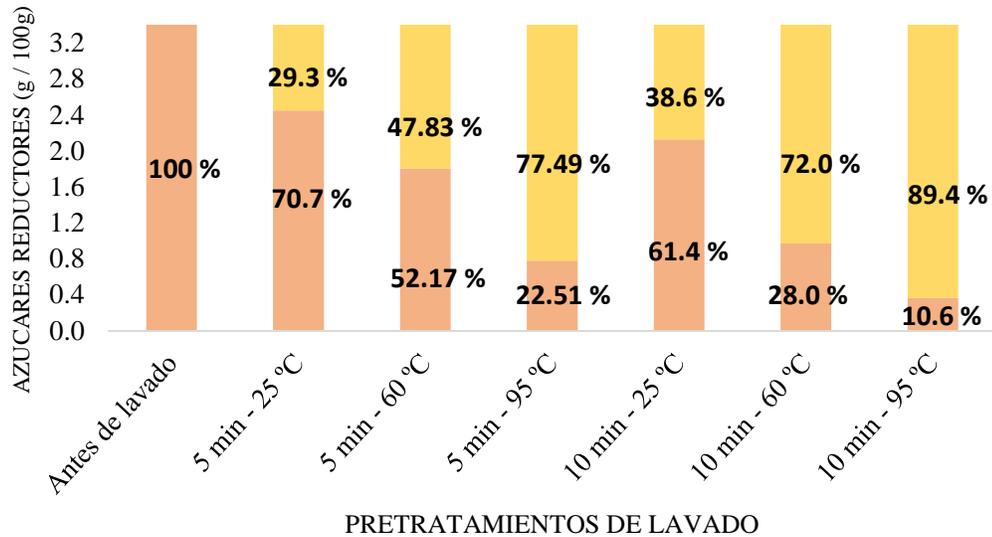


Grafico 1. Comportamiento de azúcares reductores

En el grafico 1, se observa que conforme aumenta la temperatura el contenido de azúcares reductores disminuye, así mismo al comparar los dos tiempos de lavado, se observa que a 10 minutos de lavado la reducción de azúcares es mayor. Entonces se comprueba la relación entre la disminución de azúcares reductores y el aumento de temperatura, lo cual se confirma mediante el grafico 2 de Pareto, al observar que el tiempo y temperatura de lavado tienen efecto significativo sobre la reducción del contenido de azúcares reductores.

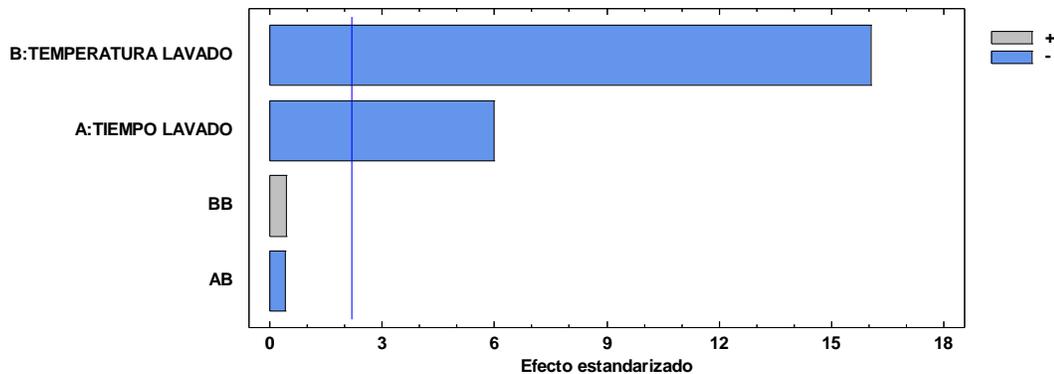


Grafico 2. Gráfico de Pareto para azúcares reductores

Del grafico 2 de Pareto, se puede observar que el efecto de la temperatura es más significativo que el tiempo de lavado, al respecto, Pedreschi *et al.* (citado por Illanés, 2014), mencionan que la difusividad efectiva en la lixiviación de azúcares en papa aumenta con la temperatura de escaldado y cuando se realiza una extracción de

azúcares con un solvente afín, como el agua, la difusividad efectiva en los tiempos iniciales de extracción es mayor debido a las distintas concentraciones de azúcares en ambos medios, por lo que al aumentar la temperatura de lavado se logró extraer mayor cantidad de azúcares solubles.

4.3 Evaluación de la calidad de la fibra de bagazo de piña

Para evaluar la calidad de la fibra dietética de bagazo de piña se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros: fibra total, fibra insoluble, fibra soluble y proporción FDI: FDS.

En la tabla 14 se presentan los resultados de contenido de fibra dietética total, insoluble, soluble y proporción FDI: FDS de los 12 tratamientos aplicados en esta investigación.

Tabla 14. Contenido de fibra dietética: insoluble, soluble y total de la fibra obtenida

TRATAMIENTO	FDI *(%)	FDS (%)	FDT (%)	FDI:FDS
T1	60.0	9.1 ^g	69.1 ^{fg}	6.6:1 ^a
T2	59.9	6.68 ^e	66.58 ^{de}	9:1 ^{ab}
T3	59.5	2.26 ^b	61.76 ^{ab}	26.3:1 ^c
T4	60.0	8.35 ^f	68.35 ^{efg}	7.2:1 ^a
T5	59.78	5.16 ^d	64.94 ^{cd}	11.6:1 ^{ab}
T6	59.35	1.40 ^a	60.75 ^a	42.2:1 ^d
T7	60.45	9.69 ^g	70.15 ^g	6.2:1 ^a
T8	60.12	7.03 ^e	67.15 ^{ef}	8.5:1 ^{ab}
T9	59.65	3.49 ^c	63.14 ^{bc}	17.1:1 ^b
T10	60.38	9.47 ^g	69.85 ^g	6.4:1 ^a
T11	60.14	6.70 ^e	66.84 ^{de}	9:1 ^{ab}
T12	59.22	2.28 ^b	61.5 ^{ab}	26:1 ^c

Para cada columna no existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores que comparten una misma letra (Prueba de Fisher al 95% de confianza)

*No existe diferencia estadísticamente significativa entre ninguno de los tratamientos

Según la tabla 14, todos los tratamientos evaluados presentaron mayor cantidad de fibra insoluble que soluble, según Ramírez y Pacheco (2009) esta es la forma más común de encontrar la fibra dietética y se relaciona con algunos efectos beneficiosos para la salud. Además, reportes de la literatura señalan contenidos importantes de fibras insolubles en piña como lo son las celulosas y hemicelulosas (Mohammad *et al.*, 2010).

Andersson *et al.* (citado por Mayorga, 2013) señalan que para obtener polisacáridos de materias vegetales es usual emplear etapas de extracción, limpieza y secado, sin embargo, estas etapas repercuten en la composición del producto, la proporción de fibra soluble e insoluble y el tamaño de partícula, así como también en las características fisicoquímicas del producto, tal y como se observa en la tabla 14, donde los tratamientos aplicados afectaron significativamente la proporción entre FI y FS.

4.3.1 Fibra dietética insoluble (FDI)

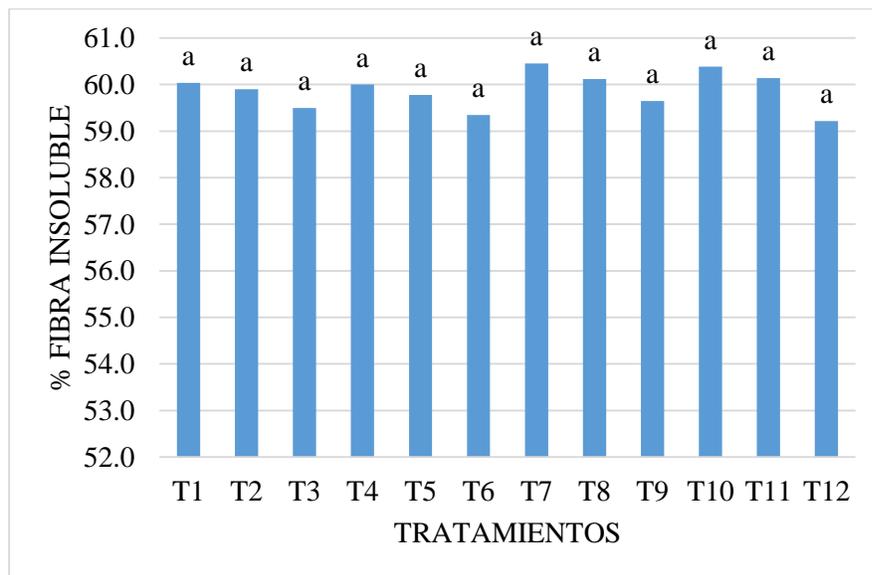


Gráfico 3. Comparación de los resultados de fibra dietética insoluble

Del gráfico 3 se observa que entre los 12 tratamientos aplicados no existió efecto significativo en el contenido de fibra insoluble ya que todos los tratamientos comparten la misma letra; al respecto Turley (2008) menciona que la celulosa, que forma parte de la FDI, tiene una estructura lineal o fibrosa, en la que se establecen

múltiples puentes de hidrogeno entre los grupos hidroxilo de distintas cadenas yuxtapuestas de glucosa, haciéndolas impenetrables al agua, originando fibras compactas que constituyen las paredes celulares de las células vegetales, por lo cual los lavados empleados y el tipo de secado no fueron suficientes para solubilizar la fracción insoluble de la fibra.

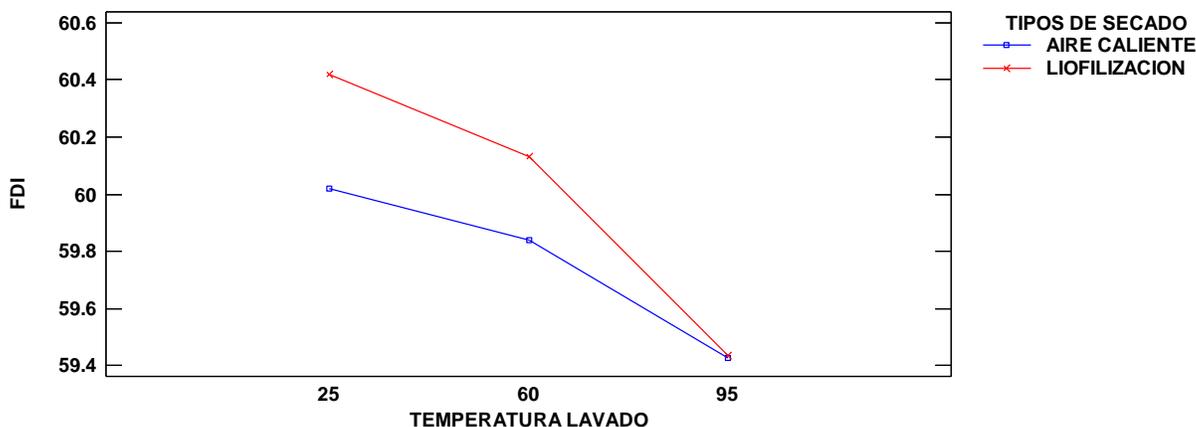


Gráfico 4. Gráfico de interacciones de FDI y temperatura de lavado

El grafico 4 muestra que, entre las 3 temperaturas de lavado empleadas, a 25 °C se presenta el mayor contenido de FDI, sin embargo, no existe diferencia estadísticamente significativa. Al respecto, Fernández *et al.* (citado por Priego, 2007) mencionan que, en residuos fibrosos de coco y caña, que poseen un alto contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina, se aplican tratamientos a altas temperaturas con ácidos, álcalis, sales o peróxidos, para hidrolizar las estructuras de la fibra al destruirse los enlaces entre polisacáridos, así como las paredes celulares lignificadas con la finalidad de hacer menos duros dichos residuos y poderlos incorporar en alimentos para humanos, por lo que los tratamientos empleados al no ser muy intensos no dañaron la estructura de los componentes de la FDI.

Del grafico 3 y 4 se observa que no existe diferencia estadística significativa entre los tipos de secado evaluados, sin embargo, mediante liofilización se obtiene mayor contenido de fibra insoluble, posiblemente debido a que mediante el secado con aire caliente la fibra es sometida a mayor temperatura, provocando el endurecimiento del

bagazo, el cual pudo ofrecer mayor resistencia en la etapa de molienda, dañando a las celulosas, a diferencia del bagazo obtenido por liofilización que presentó signos mínimos de endurecimiento; diferentes autores han observado el fenómeno de endurecimiento durante la deshidratación en diversos productos alimenticios.

4.3.2 Fibra dietética soluble (FDS)

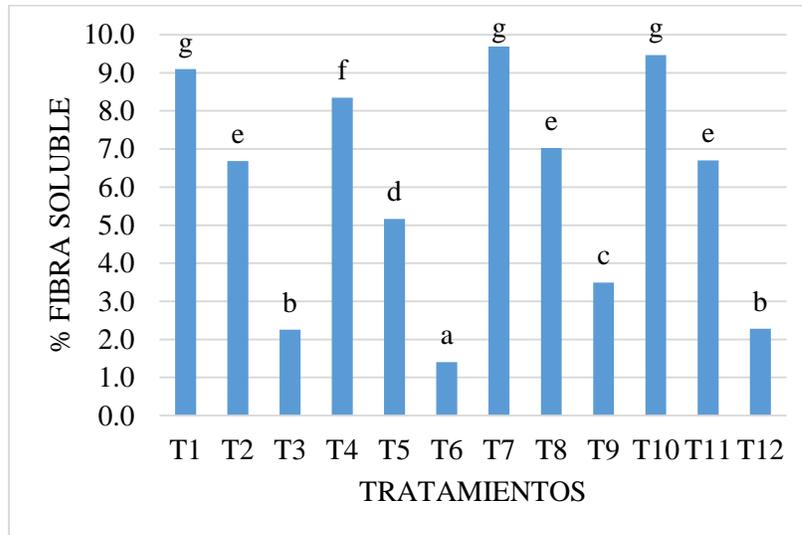


Grafico 5. Comparación de los resultados de fibra dietética soluble

De manera general se observa en el grafico 5 que el contenido de FDS disminuye con el aumento de temperatura de lavado, esto coincide con la bibliografía que menciona que, en los tratamientos aplicados para la obtención de fibra, la temperatura de lavado empleada en ocasiones es alta (80 a 100°C), facilitándose en el medio acuoso la lixiviación de parte de la fibra soluble (Priego, 2007), lo cual queda demostrado en esta investigación pues T3,T6,T9 y T12, que fueron lavados a 95°C mostraron mayor pérdida de fibra soluble, encontrándose diferencia estadística significativa entre los tratamientos, repercutiendo en la proporción FDI:FDS.

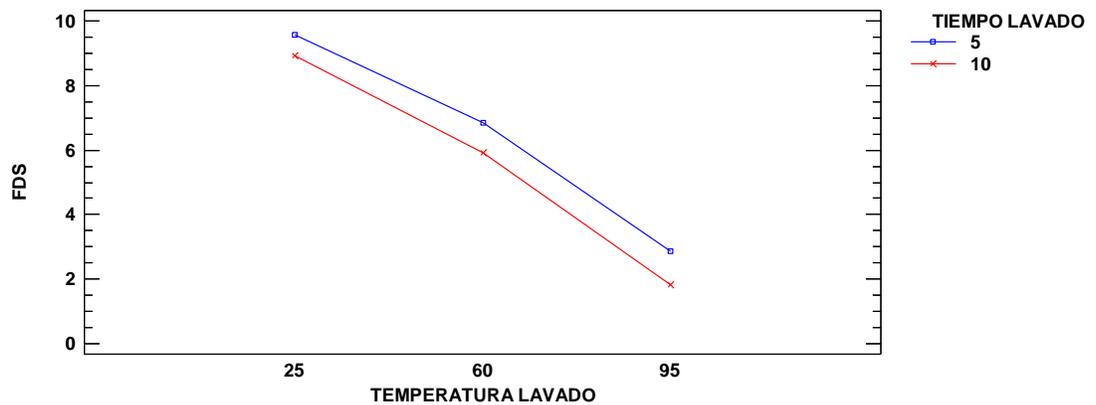


Grafico 6. Gráfico de interacciones de FDS y temperatura de lavado

El grafico 6, muestra que se obtuvo menor contenido de FDS a temperatura de lavado de 60°C y 95°C y tiempo de 10 min.; resultados similares fueron reportados por Priego (2007), quien encontró diferencias significativas (en cuanto a la porción soluble) entre los tratamientos de escaldado con vapor y por ebullición con respecto al control en la obtención de fibra dietética a partir de sáculos de naranja, debido a que estos tratamientos produjeron mayor cantidad de condensado sobre los sáculos, lo cual pudo haber favorecido la lixiviación de componentes solubles como pectinas y gomas, disminuyendo el contenido de FDS.

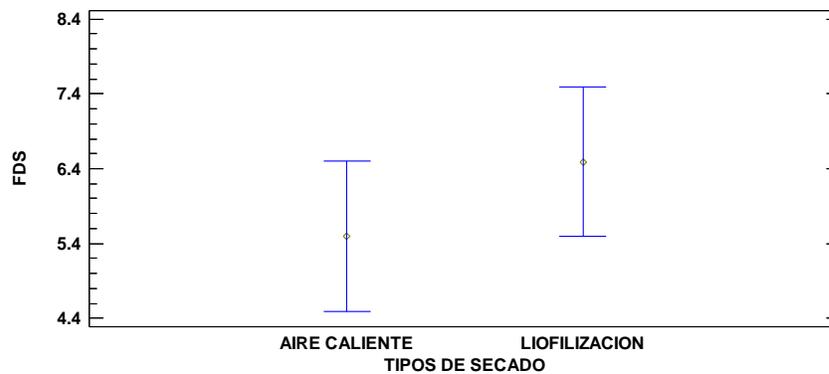


Grafico 7. Gráfico de medias de FDS y tipos de secado

Benítez (2011) menciona que, en la obtención de fibra dietética de subproductos de cebolla, la pasta que se obtiene de la trituración de éstas, experimentó un incremento en la cantidad de fibra con respecto a la cebolla entera, esto obedece a un efecto de concentración por pérdida del agua que constituye las cebollas.

Entonces, según el gráfico 7, mediante liofilización se obtuvo mayor contenido de FDS, posiblemente debido a la mayor concentración de los polisacáridos solubles, pues empleando este tipo de secado se logró humedades relativamente más bajas que por aire caliente, extrayendo así mayor porcentaje de agua.

4.3.3. Fibra dietética total (FDT)

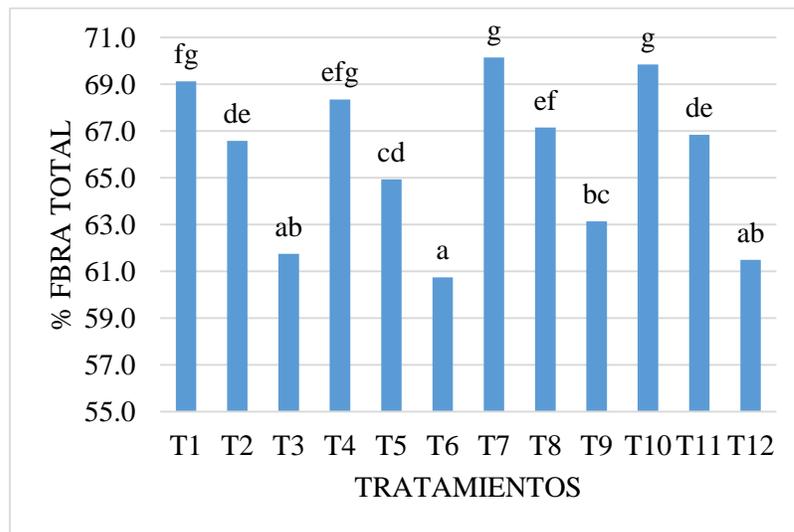


Gráfico 8. Comparación de los resultados de fibra dietética total

En el gráfico 8 al comparar los tipos de secado se tiene un menor contenido de fibra total mediante aire caliente (T1-T6), sin embargo, no se encontró diferencia estadística significativa, ya que comparten al menos una misma letra.

Núñez (2014) consideró como fuente rica de fibra dietaria a los alimentos naturales con contenido de FDT superior al 60%, valor superado por los 12 tratamientos obtenidos en esta investigación, por lo cual la HBP se puede considerar una fuente rica de fibra dietética y podría tener efectos beneficiosos in vivo tales como la reducción de colesterol en sangre, glucosa y niveles de insulina, controlando el peso corporal y mejorando la función del intestino grueso. (Luo *et al.*, 2017)

Lo anterior se puede explicar, primero, ya que las fibras no son capaces de ser digeridas en el tracto gastrointestinal, causan mayor saciedad y por tanto menor ingesta de calorías. Segundo, las fibras presentes en el tracto gastrointestinal podrían perturbar la absorción de los lípidos debido a su capacidad de retención de aceite y grasa y en tercer lugar, las fibras absorben los ácidos biliares y colesterol, aumentando su eliminación de la circulación entero hepática que conduce a bajar el colesterol en la sangre. (Rotimi *et al.*, 2012)

Por otro lado, es muy importante no abusar de la fibra desmesuradamente por los posibles efectos nocivos que puede tener como, por ejemplo: diarrea, gas intestinal, cólicos y en casos inusuales la obstrucción intestinal, además puede causar la pérdida de absorción de determinados micronutrientes como el hierro, calcio, cobre, magnesio y vitamina B; desequilibrio de la dieta, aumento de la excreción de nitrógeno y puede entorpecer la digestión y la absorción de proteínas. También puede causar meteorismo (abultamiento del vientre por gases acumulados en el tubo digestivo) (Bisso, 2010)

4.3.4. Proporción FDI: FDS

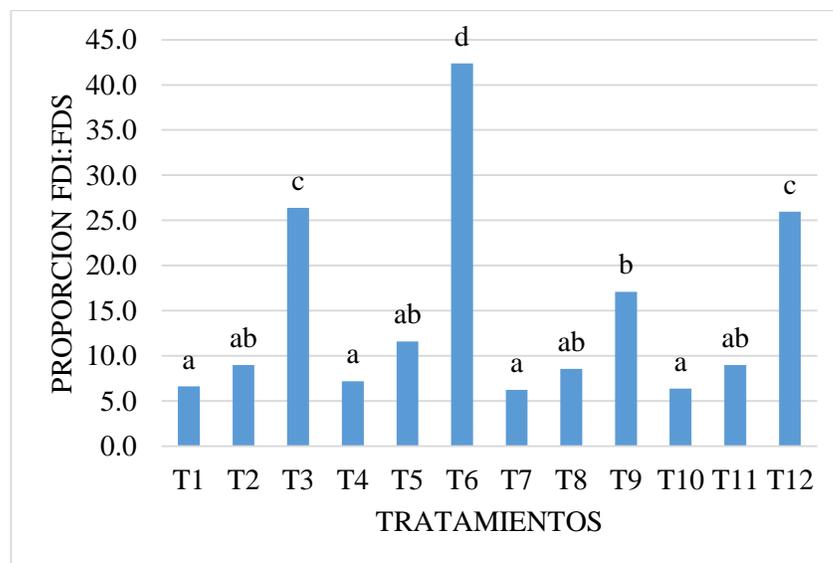


Grafico 9. Comparación de los resultados de proporción FDI: FDS

La proporción FDI: FDS es importante para entender y predecir los efectos fisiológicos asociados tanto a la fracción soluble como insoluble, en este sentido las proporciones de los tratamientos evaluados (a excepción de T3, T6, T9 y T12) fueron similares que las reportadas por Ramírez y Pacheco (2009) para harina de piña, guayaba y guanábana (6:1, 5:1 y 5:1), sin embargo, no se encontraron dentro del intervalo indicado por Grigelmo-Miguel (citado por Benítez, 2011) de 30 a 50% de FDS y de 70 a 50% de FDI, pues se obtuvieron valores superiores, esto obedece a la etapa de lavado donde se perdió parte de la fracción soluble, al respecto, Matos y Chambilla (2010) mencionan que los tratamientos de cocción ocasionan un aumento de la proporción de fibras insolubles/fibras solubles, una pérdida de sustancias pécticas y de hemicelulosas durante la cocción.

Los tratamientos (T1, T4, T7 y T10) son los que más se aproximan a lo recomendado por la Asociación Americana de Diabetes (ADA) que sugiere una ingesta diaria de fibra de 25 a 30 g/ día con una proporción de FDI/FDS de 3 a 1 para mantener un mejor control glucémico e insulínico (Capitani, 2013); además algunos estudios científicos indican que ingestas en proporciones mayores no aportan beneficios adicionales y podrían provocar problemas de tolerancia, principalmente el exceso de fibra soluble incrementa el meteorismo intestinal, o normalmente conocido como flatulencia.

Ramírez y Pacheco (2009) también plantean que la relación FDI: FDS en frutas ayuda a su selección para la utilización en la prevención o tratamiento dietético de determinadas patologías y en este orden de ideas se recomienda la ingesta de fibra dietética con una relación FDI: FDS de 3:1 o menor.

En general, cualquier fibra con alta proporción de fibra insoluble y elevada retención de agua mejora el funcionamiento gastrointestinal. Esta CRA provoca un mayor incremento de la cantidad de heces y un menor tiempo de tránsito intestinal cuanto mayor es su valor. Esto provocará una menor absorción de nutrientes, debido a la formación de soluciones viscosas que dificultan esta absorción y enlentecen su paso a través del intestino delgado, con lo que se absorbe menor energía que ayuda al control de la obesidad (Capitani, 2013)., por lo que el predominio de la FDI en todos los tratamientos hace suponer que la fibra de bagazo de piña podría ser empleada

para el aumento del volumen y el peso de la masa fecal, lo que se refleja en el mejor funcionamiento del sistema digestivo, reducción del padecimiento de enfermedades como constipación, estreñimiento, cáncer de colon, entre otras.

Para determinar el mejor tratamiento, adicionalmente se evaluaron las propiedades funcionales de los tratamientos que estadísticamente se asemejan más a la proporción FDI: FDS recomendada por la ADA. Los resultados de la determinación de CRA, CRAc y CH se presentan en la tabla 15.

Tabla 15. Propiedades funcionales de la fibra de bagazo de piña: CRA, CRAc y CH

TRATAMIENTOS	Capacidad de	Capacidad de	Capacidad de
	retención de agua (g agua/ g fibra b.s)	retención de aceite (g aceite/ g fibra b.s)	hinchamiento (ml agua/ g fibra b.s)
T1	5.73 ^b	2.43 ^a	6.84 ^{ab}
T2	5.47 ^a	2.81 ^c	6.27 ^a
T4	5.43 ^a	2.61 ^{ab}	6.32 ^a
T5	5.30 ^a	2.43 ^a	6.16 ^a
T7	6.93 ^e	3.28 ^d	7.94 ^{cd}
T8	6.65 ^d	3.23 ^d	8.25 ^d
T10	6.57 ^{cd}	2.84 ^c	7.71 ^{cd}
T11	6.40 ^c	2.76 ^{bc}	7.34 ^{bc}

Para cada columna no existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores que comparten una misma letra (Prueba de Fisher al 95% de confianza)

4.3.5 Capacidad de retención de agua (CRA)

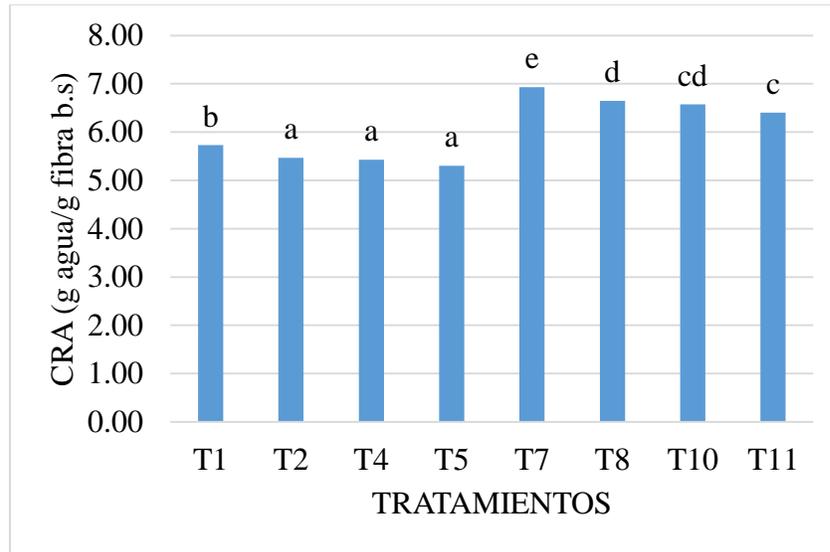


Grafico 10. Comparación de los resultados de CRA

Los resultados obtenidos para CRA presentaron una capacidad baja de ligar agua, pues según Núñez (2014) una alta CRA oscila entre 10-12 g de agua retenida/ g de fibra, posiblemente sea consecuencia del bajo contenido de FDS, ya que Luo *et al.* (2017) reportaron correlación positiva entre la CRA y FDS de la fibra de bambú, pero negativamente correlacionado con el contenido de FDI.

Tabla 16. Análisis de Varianza para capacidad de retención de agua

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:TIEMPO LAVADO	0.58896	1	0.58896	1.29	0.0603
B:TEMPERATURA LAVADO	3.6793	2	1.83965	4.03	0.0299
C:TIPOS DE SECADO	6.81819	1	6.81819	15.34	0.0004
AB	0.983172	2	0.491586	1.08	0.3555
BC	0.403847	2	0.201923	0.44	0.6474
RESIDUOS	11.8724	26	0.456629		
TOTAL (CORREGIDO)	38.1459	35			

El ANOVA de la tabla 16 muestra que existe efecto significativo en la CRA debido a la temperatura de lavado; al respecto Benítez (2011) reporta que la CRA de subproductos de cebolla mostraron una ligera tendencia a disminuir con el tratamiento térmico aplicado, siendo este descenso en general, más acusado cuanto mayor era la intensidad del tratamiento.

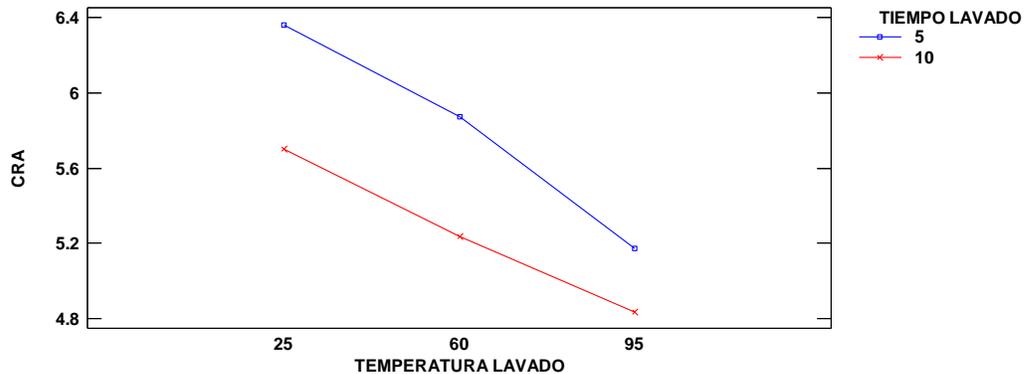


Gráfico 11. Gráfico de interacciones de CRA y temperatura de lavado

Sangnark & Noomhorm (2003), también indican que factores como agitación, temperatura, tiempo de remojo y magnitud de la fuerza externa aplicada pueden alterar la estructura física de la fuente de fibra, dando lugar a importantes cambios sobre la CRA, tal y como se observa en el gráfico 11, cuando se aumenta la temperatura de lavado, el valor de la CRA desciende; sin embargo esta propiedad depende fundamentalmente de la composición de la fibra, principalmente de polisacáridos hidrofílicos que son aquellos que presentan gran cantidad de grupos hidroxilos libres que pueden unirse a moléculas de agua mediante puentes de hidrógeno (Ma y Mu, 2016a).

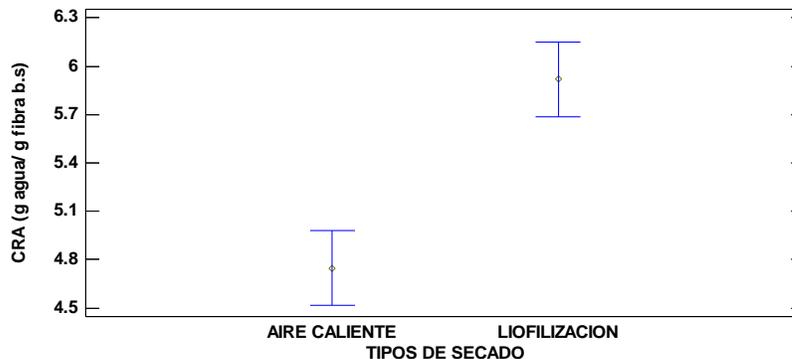


Grafico 12. Gráfico de medias de CRA y tipos de secado

En estudios realizados sobre la liofilización de frutas, se ha reportado que las condiciones del proceso afectan la densidad, la porosidad y en general la estructura del material (Oikonomopoulou *et al.*, 2011), siendo este último factor el cual influyó en el valor de la CRA de las fibras obtenidas.

Entonces, según los resultados obtenidos, la liofilización ofrece una mejor conservación de la estructura del producto, dado que, mediante esta técnica de secado, en primer lugar se realizó una congelación lenta, formando grandes cristales, cuya agua se eliminó por sublimación, colmando de poros el material, de esta manera se consigue una estructura esponjosa que permite una fácil y rápida absorción de agua; sin embargo, a diferencia del secado por convección forzada, no hay alteraciones de las paredes celulares por reacciones no deseadas como resultado de las altas temperaturas de trabajo y debido a las interacciones entre líquido y gas que generan el colapso de las cavidades entre las estructuras durante el secado (Serpa *et al.*, 2015), por lo cual se obtiene mayor CRA mediante liofilización, tal y como se observa en el grafico 12, existiendo diferencia significativa entre los tipos de secado.

4.3.6 Capacidad de retención de aceite (CRAc)

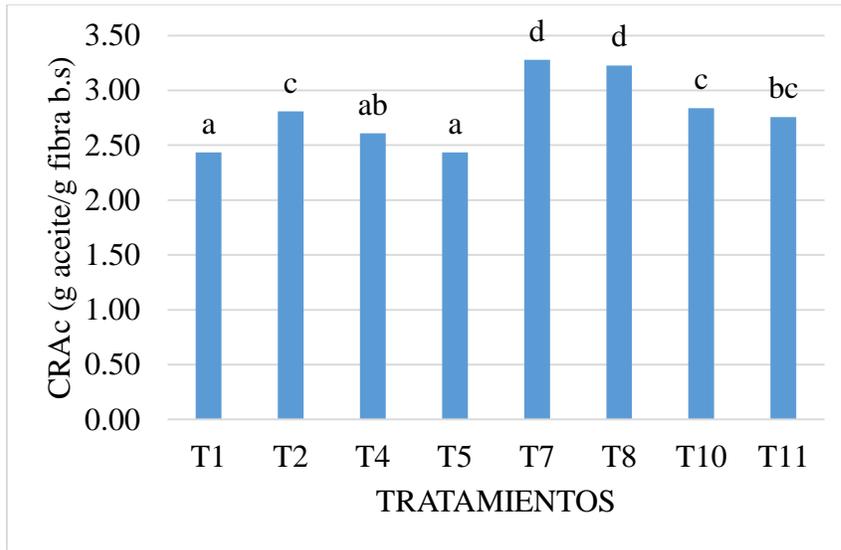


Grafico 13. Comparación de los resultados de CRAc

Los resultados obtenidos para CRAc se encuentran por encima del intervalo reportado para frutas y vegetales (menor a 2 g de aceite/ g de fibra), y dentro del intervalo reportado para cereales (2-4 g de aceite/ g de fibra). (Núñez, 2014), probablemente las operaciones empleadas, dieron lugar a una mayor exposición de grupos hidrófobos, capaces de unir lípidos, lo que causó el aumento de la CRAc. Las características de superficie, densidad aparente y porosidad, también podría contribuir a cambios en la capacidad de retención de aceite de fibras dietéticas (Luo *et al.*, 2017).

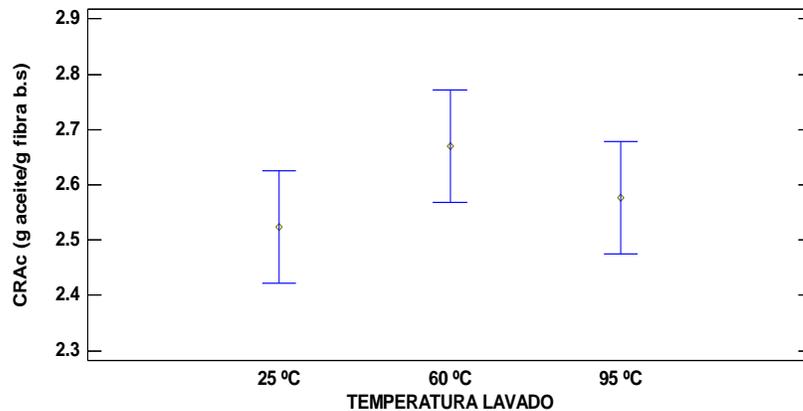


Grafico 14. Gráfico de medias de CRAc y temperatura de lavado

Ma y Mu (2016b) señalaron que la CRAC presenta relación con la cantidad de FDI y en forma particular, de la cantidad de lignina presente, por lo que, mediante el gráfico 14 y las medias de tukey, se puede afirmar que la temperatura de lavado al no afectar el contenido de la fibra insoluble, la CRAC no se vio afectada significativamente, sin embargo se observa un ligero aumento de la CRAC a 60°C y 95°C, comparado a la temperatura de 25°C, al respecto, Benítez (2011) reporta que los tratamientos térmicos empleados provocaron un ligero aumento de la CRAC en los concentrados de fibra de subproductos de cebolla, que obedece al descenso de la densidad aparente que acompaña al tratamiento térmico.

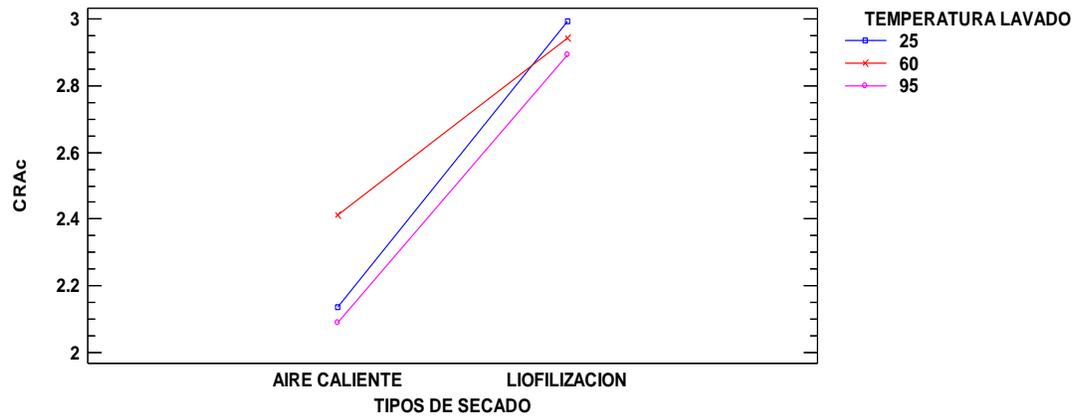


Gráfico 15. Gráfico de interacciones de CRAC y tipos de secado

Del gráfico 15, se observa que se obtuvieron mayores valores de CRAC mediante liofilización, posiblemente el aumento de la porosidad en productos liofilizados, incrementó el área superficial y la capacidad para absorber y atrapar componentes de naturaleza aceitosa; al respecto, Ayala *et al.* (2010) mencionan que los productos liofilizados se caracterizan por su baja actividad de agua, bajos cambios de volumen, alta capacidad de rehidratación y aumento de porosidad a diferencia de los productos deshidratados por aire caliente que debido a las altas temperaturas empleadas provoca daño estructural y disminución de la porosidad, lo que se refleja en el endurecimiento y encogimiento general del fruto (Zharta-Sossa, 2001).

4.3.7 Capacidad de hinchamiento (CH)

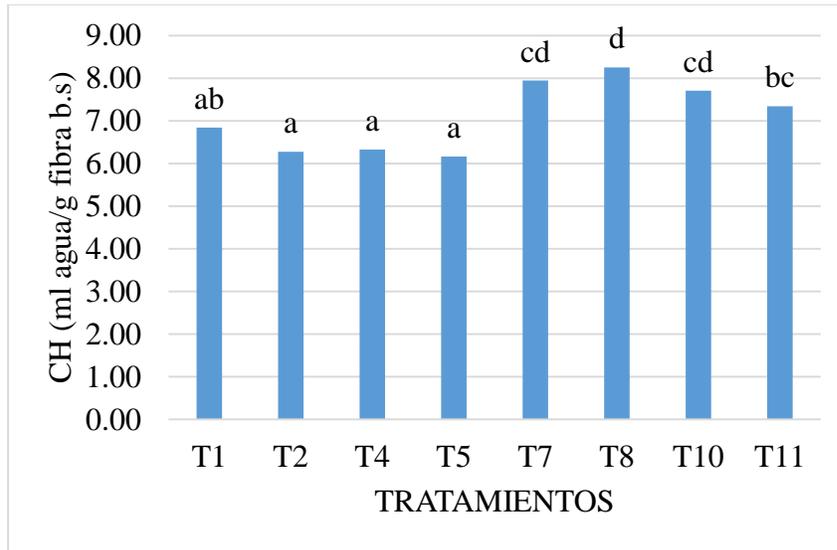


Grafico 16. Comparación de los resultados de CH

Los resultados obtenidos para CH se ubicaron dentro del intervalo reportado para algunas frutas empleadas como fuente de FD; esto pudo ser causado por la cantidad de fibra insoluble presente en el bagazo de piña, ya que esta juega un papel importante en la CH, pues se encuentra formando una matriz hidrofílica en la cual el agua queda atrapada, rellenando los intersticios de los polisacáridos, lo que produce el hinchamiento de la fibra (Yeh *et al.*, 2005). En general se presenta una tendencia a disminuir la CH a medida que aumenta la temperatura de lavado, como se observa en el grafico 16.

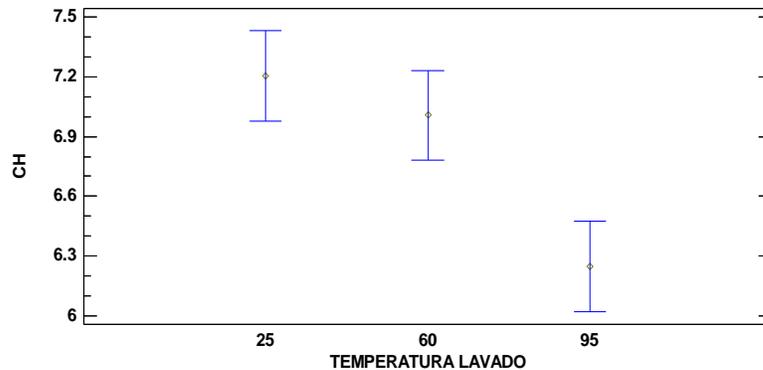


Grafico 17. Gráfico de medias de CH y temperatura de lavado

Según el gráfico 17, la CH se vio afectada significativamente por la temperatura de lavado, al respecto, Benítez (2011), reportó que los tratamientos térmicos empleados produjeron una reducción en la CH de los subproductos de cebolla. Según este autor, la sensibilidad de la CH a la temperatura parece indicar que afecta en mayor medida a la estructura que a la composición y cuanto más intenso el tratamiento térmico mayor es la desestructuración. Entonces según lo reportado en bibliografía, las temperaturas conjuntamente con las operaciones empleadas en este estudio posiblemente dañaron la estructura del bagazo de piña, disminuyendo su CH.

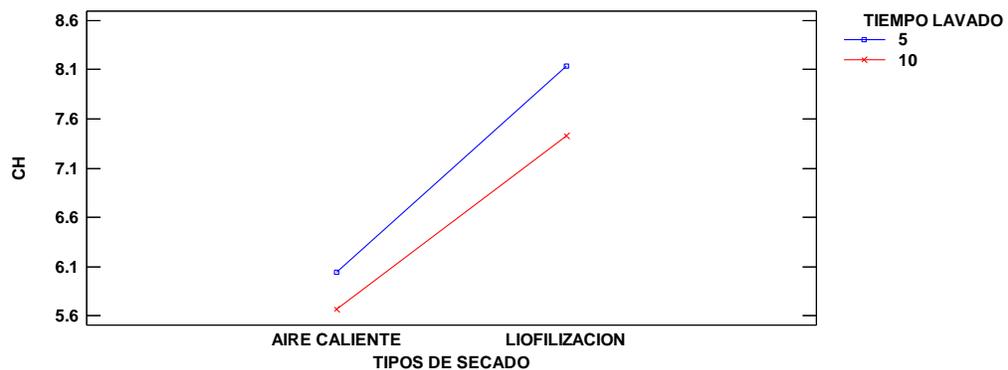


Gráfico 18. Gráfico de interacciones de CH y tipos de secado

Del gráfico 18, al comparar los resultados obtenidos, es posible establecer que las muestras liofilizadas presentaron mayor CH, esto obedece a que, durante el proceso de liofilización, específicamente en la congelación, el estado sólido del agua protege la estructura primaria del material y genera menor cambio (Serpa *et al.*, 2015) lo que contribuye a que el producto deshidratado tenga la capacidad de absorber mayor cantidad de agua en su matriz y, por lo tanto, de hincharse.

De los resultados obtenidos mediante los 8 tratamientos evaluados, se eligió T7 (liofilización, tiempo 5 min y temperatura de 25°C) como el mejor tratamiento debido a que presentó una proporción FDI/FDS que se aproxima más a lo recomendado por la Asociación Americana de Diabetes (ADA) (FDI: FDS de 3:1) y a los mayores valores en sus propiedades funcionales, lo cual conlleva a obtener los efectos fisiológicos necesarios para una buena regulación intestinal y prevención de la constipación crónica.

4.4 Caracterización de la fibra desarrollada

En la tabla 17 se presentan los resultados del análisis proximal y fisicoquímico del mejor tratamiento obtenido (T7).

Tabla 17. Análisis proximal y físico-químico de la fibra de bagazo de piña desarrollada

Análisis	Base Húmeda	Base Seca
Humedad (%)	3.83 ± 0.11	-
Grasa (%)	0.98 ± 0.16	1.02 ± 0.16
Proteínas (%)	4.59 ± 0.11	4.78 ± 0.12
Cenizas (%)	1.59 ± 0.15	1.66 ± 0.16
Carbohidratos (%)	89.01 ± 0.22	92.55 ± 0.23
Carbohidratos disponibles (%)	18.66 ± 1.23	19.4 ± 1.28
Fibra dietética (%)	70.15 ± 1.3	72.94 ± 1.35
pH	3.98 ± 0.02	-
Sólidos solubles (°Brix)	6.92 ± 0.2	7.26 ± 0.21
aw	0.28 ± 0.25	-

En la tabla 17, los resultados muestran que la humedad es baja, similares valores reportó Mayorga (2013) para residuos de la industria del jugo de piña (4.3%) secados por aire caliente, mientras que Umaña *et al.* (2013) reportó un valor de humedad de 5.85% para harina de cascaras de piña.

El porcentaje de proteína de la HBP obtenida presenta relación con los reportados por Mayorga (2013) para residuos de la industria del jugo de piña (5.9%), y Umaña *et al.* (2013) quien reportó un valor proteico de 6.19% para harina de cascaras de piña.

En cuanto a cenizas, Mayorga (2013) reportó un valor de 1.19%, menor a lo encontrado en esta investigación; sin embargo, nuestro contenido de cenizas es menor a lo reportado por Ackom & Tano-Debrah (2012) para un residuo pulposo de piña (3.16%); por otro lado, el valor de la grasa obtenida es mayor a lo reportado por Ackom & Tano-Debrah (2012) para un residuo pulposo de piña (0.47%); y similar a lo reportado por Mayorga (2013) con un valor del 1%.

El valor de actividad de agua resultó menor a 0.4, lo que impide la proliferación de microorganismos y aumenta la vida útil del producto, para ello se debe mantener en empaque y almacenamiento adecuado, ya que al ser un producto liofilizado y presentar baja humedad, resulta muy higroscópico.

La fibra dietética juega un rol importante en la alimentación humana, por la cual se recomienda una ingesta diaria de 20-30 g/día con una fibra de buena calidad que tenga un balance mínimo (FDS/FDI) de fibra soluble 30% y fibra insoluble 70% y que cumplan con requisitos de humedad inferior a 10%, bajo contenido de lípidos, sabor y color neutros (Mendosa, 2007), teniendo en cuenta esto solo sería necesario consumir 43 g de fibra de bagazo de piña para suplir con la ingesta de 30 g diarios de FDT, haciendo de esta una fuente de fibra dietética importante.

En la tabla 18 se presentan los resultados de contenido de fibra dietética total, insoluble y soluble del mejor tratamiento obtenido.

Tabla 18. Contenido de fibra dietética de la HBP obtenida

Contenido de fibra	Fibra Dietética Total (%)	Fibra Dietética Insoluble (%)	Fibra Dietética Soluble (%)	Relación FDI:FDS
Valor	70.15 ± 1.3	60.45 ± 0.8	9.69 ± 0.5	6:1

Los resultados obtenidos de la fibra de bagazo de piña se acercan a los de Ramírez y Pacheco (2009), quienes reportaron estudios en harina de guayaba: FDT 65.64, FDS 10.99, FDI 54.65 y en harina de guanábana, obteniendo FDT 49.34, FDS 8.91 y FDI 40.43, predominando en ambos casos la fibra insoluble sobre la fibra soluble.

De la tabla 18 se rescata la relación entre fibra insoluble y soluble de FDI: FDS 6:1, valor superior a lo recomendado por la Asociación Americana de Diabetes (ADA) (3:1), esto debido a que el bagazo de piña es un material lignocelulósico y predomina en su composición hasta 50% p/p de celulosa (Lucena y Zapata, 2011)., además la fibra de piña contiene alrededor de 13.65% de fibra, siendo un 11.57% fibra insoluble, y de esta el 19.41% es celulosa y 18.63% hemicelulosa (Elizondo y Campos, 2014). También cabe resaltar que el bagazo al ser sometido a operaciones de lavado, perdió la mayoría de su fracción soluble al ser arrastrado por el agua, a pesar de ello, la ingesta de esta fibra de bagazo de piña permitirá obtener los efectos fisiológicos asociados a ambas fracciones, como regulación del tránsito intestinal, disminución de la absorción de glucosa y colesterol, entre otros.

En la tabla 19 se presentan los resultados de la determinación de CRA, CRAc y CH del mejor tratamiento.

Tabla 19. Propiedades funcionales de la FD obtenida con tamaño de partícula de 180 µm

Propiedad funcional	CRA (g agua/ g fibra b.s)	CRAc (g aceite/ g fibra b.s)	CH (ml agua/ g fibra b.s)
Valor	6.93 ± 0.46	3.28 ± 0.26	7.94 ± 0.37

La CRA obtenida es mayor que la guanábana, piña y un producto de fibra comercial (4.57, 4.58 y 4.25 g agua/ g fibra b.s) reportado por Ramírez y Pacheco (2009). Una buena absorción de agua, mayor a 300%, puede favorecer la textura de los productos de panadería (Ramírez y Pacheco, 2009), por lo cual la HBP podría utilizarse para enriquecer mezclas de harinas para elaborar galletas y panes, y fisiológicamente aumentarían el peso de las heces y el tamaño del bolo alimenticio mejorando el flujo intestinal, además de su efecto laxante. (Montúfar, 2014).

La CRAc evalúa la capacidad de la fibra dietética para evitar que la grasa o la pérdida de aceite durante el procesamiento de alimentos y reducir los niveles séricos de colesterol, enlazando la grasa o el aceite en el sistema de digestión humana (Navarro-

González *et al.*, 2011) por lo cual la HBP se podría emplear en alimentos congelados o precocidos, listos para freír, en galletas o alimentos a base de cereales, y pueden mejorar la textura y el sabor, y fisiológicamente podría interferir con la absorción de lípidos en el sistema digestivo, ligando los ácidos biliares que llegan al colon para su excreción, descendiendo la cantidad de estos ácidos que regresa al hígado por circulación entero hepática, que podría promover la mayor síntesis de colesterol en el hígado, reduciendo los niveles de colesterol total y LDL colesterol (Niu *et al.*, 2013).

La fibra de bagazo de piña presentó una CH menor a lo reportado por Mayorga (2013) para residuos de la industria del jugo de piña (12 ml agua/ g fibra b.s) pero mayor a los encontrados por Orrabalis *et al.* (2013) en harina de chañar (1.8-2.5 ml agua/g fibra), esto significa que esta fibra tiene capacidad de aumentar su volumen en un exceso de agua, por lo que podría provocar mayor saciedad y aumento del bolo fecal. (Ospina *et al.*, 2016)

En la tabla 20 se presentan los resultados de los parámetros de color del mejor tratamiento obtenido.

Tabla 20. Parámetros de color de la HBP obtenida

Parámetro de color	L*	a*	b*	C*	H*
Valores	84.817	0.577	27.493	27.499	89.11

Los resultados de la tabla 20, describen una harina de color amarillo claro. El valor de luminosidad (L*) de 84.82, indica cercanía al blanco. El valor a* se encuentra muy cercano a 0, lo que significa que no hay color predominante entre el verde y el rojo. El valor b* indica, al poseer un valor positivo, que hay ligera tendencia al extremo amarillo, debido posiblemente a la conservación de los pigmentos naturales de la piña durante el proceso de liofilización.

El valor de cromacidad (C*) señaló una baja saturación del color, lo cual se puede corroborar al observar la figura 8, esto podría ser consecuencia de la operación de lavado, el cual arrastra pigmentos y azúcares reductores que podrían reaccionar entre si

durante el procesamiento y generar coloraciones Al observar el valor de ángulo de tono (H^*) es posible ubicar a la HBP en la tonalidad de color amarillo.



figura 8. Harina obtenida a partir de bagazo de piña var Golden.

En la tabla 21 se presentan los resultados de las propiedades físicas asociadas a la fluidez

Tabla 21. Propiedades físicas asociadas a la fluidez de la HBP obtenida

Propiedades físicas	Valor
Densidad aparente (g/ml)	0.34 ± 0.03
Densidad de asentamiento (g/ml)	0.48 ± 0.06
Tiempo de vaciado (s)	11.3 ± 0.5
Velocidad de vaciado ($\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$)	0.11 ± 0.05
Angulo de reposo ($^\circ$)	42 ± 0.43

La densidad aparente y densidad de asentamiento están relacionados entre sí y son indicativas de que mientras mayor es el volumen que ocupar el polvo menor será su densidad (Cerezal *et al.*, 2011). Los valores obtenidos son similares a los reportados por Cerezal *et al.* (2011), para harina de lupino (0.39 y 0.45 g/ml) y menores con respecto a la harina de arroz (0.67 y 0.74 g/ml), harina de quinua (0.46 y 0.58 g/ml) y harina de maíz (0.64 y 0.75 g/ml).

El tiempo de vaciado, velocidad de vaciado y ángulo de reposo proporcionan información en cuanto a la fluidez del producto, que resulta muy importante en el momento de lograr una dosificación durante su envasado industrial. (Larrauri *et al.*,

1995); el ángulo de reposo obtenido (42°) se encuentra dentro del intervalo de 30° a 50°, el cual es caracterizado como “Poco flujo”, (Cerezal *et al.*, 2011), y según este autor se plantea como valores aceptables para este tipo de productos.

En la tabla 22 se presentan los resultados del análisis microbiológico realizado al mejor tratamiento obtenido en esta investigación.

Tabla 22. Resultados de los análisis microbiológicos de la HBP obtenida

Ensayos	Mejor Tratamiento T7
Aerobios Mesofilos (UFC/g)	32x10
Mohos (UFC/g)	50re
Levaduras (UFC/g)	<10

De la tabla 22, se puede observar que todos los microorganismos evaluados se encuentran dentro los máximos recomendados de la norma estipulada por R.M. N° 591-2008/MINSA: “Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano”,- XIV.3 “Frutas y hortalizas desecadas, deshidratadas o liofilizadas”, demostrando que se aplicaron adecuadamente las buenas prácticas de manufactura durante la obtención de la harina y que se empleó materia prima de buena calidad.

V. CONCLUSIONES

- La composición química proximal de la piña var. Golden fue: humedad 83.39 %, grasa 0.17 %, proteínas 0.81 %, cenizas 1.05 % carbohidratos 14.58% y fibra dietética 2,66 %; la caracterización fisicoquímica: pH 3.75, acidez titulable 0.61%, sólidos solubles 14.16 °brix y azúcares reductores 31.14 g/l; características físicas: longitud 36.1 cm, diámetro ecuatorial 13.6 cm, diámetro longitudinal 17.3 cm y masa total 2.04 kg.
- La temperatura de lavado presentó efecto significativo en la fibra soluble, fibra total y proporción FDI: FDS, sin embargo, no tuvo significancia sobre la fibra insoluble. El tiempo de lavado tuvo efecto significativo sobre la fibra soluble, fibra total y proporción FDI: FDS; en tanto que el tipo de secado no afectó significativamente la fibra total, soluble e insoluble.
- Con respecto a las propiedades funcionales, la temperatura de lavado presentó efecto significativo en la CRA y CH, obteniendo mayores valores a una temperatura de 25°C y el tiempo de lavado solo presentó efecto significativo sobre la CH. El tipo de secado afectó significativamente a la CRA, CRAc y CH.
- La etapa de lavado permitió la lixiviación de sólidos solubles presentes en el bagazo de piña, donde el tiempo y temperatura de lavado tuvieron efecto significativo, específicamente se logró una mayor reducción de azúcares reductores mediante lavado a una temperatura de 95°C por 10 minutos.
- El estudio determinó que el tratamiento siete que consistió en lavado a una temperatura de 25°C por 5 minutos y secado mediante liofilización presentó mejores resultados en comparación con los demás tratamientos, obteniendo:
- 70.15 % de FDT, 60.45 % de FDI, 9.69 % de FDS y proporción FDI: FDS 6:1 y presenta las siguientes propiedades funcionales: CRA 6.93 g agua/g fibra b.s, CRAc 3.28 g aceite/ g fibra b.s y CH 7.94 ml/ g fibra b.s.

- En el análisis proximal: humedad 3.83%, proteínas 4.59%, cenizas 1.59%, grasa 0.98%, y carbohidratos 89.01%; y en la evaluación fisicoquímica: sólidos solubles 6.92 °brix, pH 3.98, y aw 0.28.
- En las propiedades física asociadas a la fluidez: densidad aparente: 0.34 g/ml, densidad de asentamiento: 0.48 g/ml, tiempo de vaciado: 11.3 s, velocidad de vaciado: 0.11 g/cm².s y ángulo de reposo: 42° y del análisis microbiológico: aerobios mesofilos (UFC/g) 32x10, Mohos (UFC/g) = 50re y Levaduras (UFC/g) = <10.
- Se obtuvo una harina con alto contenido de fibra dietética, una proporción FDI: FDS cercana a lo recomendado por la ADA y altos valores en sus propiedades funcionales, por lo cual su ingesta provocaría principalmente el alivio del estreñimiento y la regulación del tránsito intestinal.
- El estudio también determinó que el tratamiento uno que consistió en lavado a una temperatura de 25°C por 5 minutos y secado mediante aire caliente presentó buenos resultados y tiene mayor aplicabilidad debido a que en términos económicos resulta menos costoso.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar el perfil de azúcares de la fibra soluble e insoluble por HPLC para obtener un mayor conocimiento acerca de los efectos fisiológicos de cada fracción.
- Realizar investigaciones sobre formulación de alimentos balanceados para consumo humano, utilizando como fuente de fibra la harina de bagazo de piña obtenida.
- Realizar investigaciones in vivo acerca de los efectos fisiológicos de la fibra de bagazo de piña.
- Estudiar el efecto del congelamiento lento y rápido durante el secado por liofilización, sobre las propiedades funcionales de la fibra de bagazo de piña, ya que la porosidad que se genera por el tipo de congelamiento podría originar variaciones en dichas propiedades.
- Investigar acerca de nuevas fuentes de fibra dietética a partir de residuos agroindustriales en la región de Ancash y el Perú tales como: sáculos de naranja, cascara de mandarina, cascara de mango, etc.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackom, N. B. & Tano-Debrah, K. (2012). Processing pineapple pul pinto dietary fibre supplement. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*. 12 (6): 6824-6834.
- Álvarez, C. N., y Bagué, S.A. (2011). *Los alimentos funcionales: Una oportunidad para una mejor salud*. Editorial AMV. 1º Edición pp. 210-229
- AOAC (1995). *Official Methods of Analysis*. 16th Edition. Washington, USA.
- AOAC (2005) Official methods of analysis of Association the Official Agricultural Chemists. 18th ed. Vol:1-2
- Ayala, A., Serna, L. y Mosquera, E. (2010). Liofilización de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*. Colombia
- Ayala, Z., Vega, V., Rosas, D., Palafox, C. & Villa, R. (2011). Review: Agroindustrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*.
- Baena, L. y García, N. (2012) *Propiedades fisiológicas de la fibra dietaria. Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de cascarilla de las semillas tostadas de Theobroma cacao L. de la industria chocolatera colombiana*. (Tesis de pregrado) Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
- Benítez, V. (2011). *Caracterización de subproductos de cebolla como fuente de fibra alimentaria y otros compuestos bioactivos*. (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Madrid. Madrid, España.
- Bisso, K. (2010). *Fibra dietaria de subproductos agroindustriales y su aplicación en productos de panificación*. (Tesis para optar el título de ingeniero en industria alimentarias). Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Peru.
- Borchani, C., Besbes, S., Masmoudi, M., Blecker, C., Paquot, M. & Attia, H. (2011). Effect of drying methods on physic-chemical and antioxidant properties of date fibre concentrates. *Food Chemistry*. 125: 1194-1201.

- Cámara, H. M., Sánchez, M. y Torija I. M. (2008). *Nutrición y salud: frutas y verduras, fuentes de salud*. Grupo Elba, Madrid.
- Capitani, M. I. (2013). *Caracterización y funcionalidad de subproductos de chia (Salvia hispánica L.) Aplicación en tecnología de alimentos*. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires, Argentina.
- Cerezal, P., Urtuvia, V., Ramírez, V. y Arcos, R. (2011). Desarrollo de productos sobre la base de harinas de cereales y leguminosa para niños celíacos entre 6 y 24 meses. *Nutr Hosp.* 26(1).
- Clementz, A. y Delmoro, J. (2011). Snacks Frutales. *Universidad del Centro Educativo Latinoamericano*. 14 (27), 153-163.
- Codex Alimentarius (1993). Norma mundial del Codex para la piña. Codex Stan 182-1993. En: Codex Alimentarius. Volumen 5B-1993.
- Colchado, M. y Velásquez, A. (2015). *Efecto del método de liofilización, densidad de carga y temperatura de placa en la calidad de fresa (Fragaria vesca L.) deshidratada*. (Tesis para optar el título de ingeniero agroindustrial). Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú.
- De Moraes, C., Jablonski, A., De Oliveira, R., Rech, R. & Hickman, F. (2013) Dietary fiber from orange by products as a potential fat replacer. *Food Science and Technology*: 1-6.
- Díaz, Y. y Matos, A. (2011). Propiedades funcionales de la fibra dietética en la alimentación humana y en la industria alimentaria. Artículo científico. *Repositorio digital Papiros*. Universidad Peruana Unión.
- DIGESA (2008). NTS N°071 MINSA/DIGESA-V.01: “Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consume humano”. R.M. N°591. MINSA. Lima, Peru.
- Elizondo J. y Campos C. (2014). Características nutricionales de la cascara de piña ensilada con cantidades crecientes de urea y heno. *Nutricion animal tropical*. 8(2).

- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C. & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: characterization, technological functionality and commercial applications. *Food Chemistry* 124: 411-413.
- FAO (2010). Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales. Recuperado de: http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s00.htm
- García, Y. (2010). *Evaluación de la calidad de la piña variedad cayena lisa, cosechada en el municipio de Jaruco*. (Tesis en opción al título de Master en Mecanización agrícola). Universidad Agraria de La Habana, Cuba.
- González, L. (2013). Obtención de los nutraceuticos presentes en la piña del Agave Tequilero mediante dilución diferencial. México.
- Gray, J. (2006). Definition, analysis, physiology and health. In ILSI *Europe Concise Monograph Series*. Brussels: ILSI Europe.
- Huaraca, A. P. (2011). *Evaluación nutritiva y nutraceutica de la frutilla (fragaria vesca) deshidratada por el método de liofilización y comparación con la obtenida por deshidratación en microondas* (Tesis de pregrado). Riobamba, Ecuador.
- ICMSF (1983). Reimpresión 2000 vol I- 2da Ed. II. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Illanés, C. (2014). *Efecto de la lixiviación de azúcares reductores sobre la formación de furano en papas fritas*. (Tesis para optar el título de ingeniera en alimentos). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- International Trade Centre (ITC) (2017). *Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas*. Recuperado de <http://www.trademap.org/Index.aspx>
- Jiménez, M. (2015). *Desarrollo de una pulpa para uso industrial a partir de los residuos generados durante el procesamiento de jugo de piña en la empresa Florida Products S.A.* (Tesis para optar el grado de Licenciada en Ingeniera de Alimentos). Costa Rica.
- Larrauri, G., Borroto, I. y Fernández, T. (1995). Obtención de polvos con fines nutricionales a partir de cascaras de mandarinas (*citrus nobilis* cv. Dancy). *Alimentos* 9 (1).

- Lazo, E., Marcas, N. y Serna, N. (2017). *Planeamiento estratégico de la piña en Junín*. (Tesis para obtener el grado de Magister en administración estratégica de empresas). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Lucena, H. y Zapata, D. (2011). *Evaluación del tratamiento de la hidrólisis acida del bagazo de piña*. (Tesis para optar el título de ingeniero químico). Maracaibo, Venezuela.
- Luo, X., Wang, Q., Zheng, B. L., Lin Chen, B., Zheng, Y., Xiao, J. (2017). Propiedades de hidratación y la capacidad de adsorción de fibras dietéticas de brote de bambú shell y sus efectos hipolipemiantes en ratones. *Alimentos y Toxicología Química*.
- Ma, M. y Mu, T. (2016a). Modificación de deoiled comino fibra dietética con lacasa y celulasa bajo alta presión hidrostática. *Polímeros de carbohidratos* 136, 87-94.
- Ma, M. y Mu, T. (2016b). Efectos de los métodos de extracción y distribución del tamaño de las partículas en el ámbito estructural, fisicoquímicos, y las propiedades funcionales de la fibra dietética de deoiled comino. *Química de los alimentos* 194, 237-246.
- Martínez, M. (2015). *Efecto de las condiciones de fermentación en la elaboración de un vino de piña*. (Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias Alimentarias). Veracruz, México.
- Matos, A. y Chambilla, E. (2010). Importancia de la Fibra Dietética, sus Propiedades Funcionales en la Alimentación Humana y en la Industria Alimentaria. *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1 (1).
- Mayorga, A. (2013). *Desarrollo de fibra dietética a partir de un subproducto industrial de piña y su aplicación en un producto alimenticio*. (Tesis para optar el grado de Licenciatura en Ingeniería en Alimentos). Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Mendoza N. (2007). *Obtención de fibra dietética a partir de sáculos de naranja aplicando un tratamiento con vapor*. (Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero en Alimentos). Universidad Tecnológica de la Mixteca, México.
- Miguel, E. (2008). *Obtención de fibra dietética a partir de piña (Ananas Comosus) del cultivar cayena lisa*. (Tesis para optar el título de ingeniero en ciencias agrarias). Universidad Nacional del Centro del Perú, Amazonas, Perú.

- Miller, G. (1957). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31: 426-428.
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) (2016). *Anuario estadístico de la producción agrícola y ganadera 2015: ubicación geográfica de las principales regiones productoras de piñas*. Recuperado de: <http://www.minagri.gob.pe>
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) (2017). *Territorio nacional y su clasificación*. Recuperado de: <http://www.minagri.gob.pe>
- Mohammad, G. A & Klaus, D. (2010). Isolation of polysaccharides from pineapple fruit pulp and their enzymatic liquefaction. *International Food Research Journal* 17: 193 – 203
- Montero, C. y Cerdas, A. (2005). *Guías técnicas del manejo poscosecha para el mercado fresco Piña (Ananas comosus)*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica.
- Montúfar, K. (2014). *Fibras dietarias y su aplicación en el desarrollo tecnológico de productos alimentarios como alternativa de alimentos funcionales*. (Tesis para obtener el título de químico en alimentos). Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.
- Morazán, F. (2010). Manual del cultivo de la piña. Escuela obrera campesina internacional.
- Muñoz, J. (2010). *Identificación de fibra dietaría en la cascara, pulpa y en el residuo de la extracción de gel de penca de tuna (Opuntia ficus indica), variedades amarilla y blanca*. (Tesis para la obtención del título de ingeniero en industrias alimentarias). Ecuador.
- Navarro-González, I., García-Valverde, V. García-Alonso y J. Periago, M.J. (2011). Perfil químico, funcionales y las propiedades antioxidantes del tomate de cáscara de fibra. *Food Research International*. 44, 1528-1535.
- Nieto, J. (2013). *Fibra dietaria de durazno (prunus pérsica L.): influencia de la técnica de obtención en las propiedades químicas, físicas y funcionales*. (Tesis de Maestría). Universidad de Buenos Aires, Argentina.

- Niu, Y., Xie, Z., Zhang, H., Sheng, Y., Yu, L. (2013). Efectos de modificaciones estructurales en propiedades fisicoquímicas y ácidos biliares en las propiedades de psyllium. *Journal of Agricultural & Food Química* 61, 596-601
- Núñez, J. (2014). *Extracción, cuantificación, caracterización fisicoquímica y funcional de fibra dietaria obtenida a partir de residuos de maracuyá (Passiflora edulis f. flavicarpa Deg)*. (Tesis para obtener el título de ingeniero en alimentos). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
- Oikonomopoulou, V. P., Krokida, M. K. & Karathanos, V. T. (2011). The influence of freeze drying conditions on microstructural changes of food products. *Procedia Food Science*, 647-645.
- Olmué (2012). Colombia. Recuperado de: <http://www.olmue.com.co/producto-insumo>
- Orrabalis, C., Gorostegui, H., Calandri, E. y Guzmán, C. (2013). Parámetros funcionales y contenido de glucosa en harina obtenidas de fruto maduro de “chañar” (*Geoffroea decorticans*) de la zona semiárida y árida de la provincia de Formosa. *Instituto de Ciencia y Tecnología de los alimentos*.
- Orrego, C. (2008). *Congelación y Liofilización de Alimentos*. Manizales, Colombia: SBN.
- Ortiz, M. (2013). *Mejora de los procesos productivos en una finca cultivadora de piña mediante la aplicación de buenas prácticas agrícolas*. (Tesis de pregrado) Ecuador.
- Ospina, S., Restrepo, D. y López, J. (2016). Caracterización fisicoquímica y funcionalidad tecnológica de la fibra de banano integro verde (*Cavendish valery*). *Revista Lasallista de investigación*. 13 (1), 23-30.
- Parra, A. (2006). Técnicas de almacenamiento y conservación de frutas y hortalizas frescas. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C. pp 37.
- Parra, J. (2013). *Determinación de la cinética de liofilización en floretes de brócoli (Brassica oleracea L, var. Legacy) y evaluación del contenido de ácido L-ascórbico y actividad peroxidasa*. (Trabajo de grado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Boyaca.

- Pinheiro, A., Fernández, A., Fai, A., Prado, G., Sousa, P. & Maia, G. (2006). Avaliação química, físico-química e microbiológica de sucos de frutas integrais: abacaxi, caju e maracujá. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*. 26 (1).
- Priego, M. (2007). *Obtención de Fibra Dietética a Partir de Sáculos de Naranja aplicando un Tratamiento con Vapor*. (Tesis para optar el título de Ingeniero en Alimentos). Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León. México.
- PROECUADOR (2011). Perfil de piña ecuatoriana. Dirección de inteligencia comercial e inversiones.
- Prosby, L., De Vries, J. W. (1988). Determination of total dietary fiber in foods and food products. *Interlaboratory study*. *J. AOAC Int.* 71: 1017-1023
- Proyecto Especial Pichis – Palcazu (2010). Proyecto: Mejoramiento de la producción del cultivo de la piña mediante sistemas agroforestales en el distrito de Perené – Chanchamayo.
- Raghavendra, S., Ramachandra, S., Rastogi, N, Raghavarao, K., Kumar S. & Tharanathan, R. (2006). Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: a source of dietary fiber. *Journal of Food Engineering*. 72: 281-282
- Ramesh, M., Wolf, W., Tevini, D. & Jung, G. (2001). Influence of processing parameters on the Drying of spice paprika. *Journal of Food Engineering*, 49:63-72
- Ramírez, A. y Pacheco de Delahaye, E. (2009). Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, 34 (4), 293-298.
- Rodríguez, R., Becquer, R., Pino, Y., López, D., Rodríguez R., Lorente G., Izquierdo R., y Gonzales, J. (2016). Producción de frutos de piña (*Ananas Comosus* (L.)) MD-2 a partir de vitroplantas. *Cultivos Tropicales*, 37: 40-48, doi: 10.13140/RG.2.1.4732
- Rotimi, O.A., Olayiwola, I.O., Ademuyiwa, O., Balogun, E.A. (2012). Efectos de las dietas ricas en fibra de tejido sobre los perfiles lipídicos de MSG ratas obesas. *Alimentos y toxicología química* 50, 4062-4067.

- Ruales, A. (2015). *Evaluación del potencial energético y bioactivo de los residuos generados por la producción y transformación de la uva*. (Tesis para optar el título de Magister en Ingeniería Química). Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.
- Rueda, G. (2008). *Estudio del proceso de liofilización: Aplicación al jugo de piña*. (Tesis de Grado para optar el título de Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Sangnark, A. & Noomhorm, A. (2003) Effect of particle sizes on functional properties of dietary fibre prepared from sugarcane bagasse. *Food Chemistry* 80: 221-229.
- Serpa, A. M., Vásquez C., Castrillón, D. C., y Gustavo, H. (2015). Comparación de dos técnicas de deshidratación de guayaba-pera (*Psidium guajava L.*) y el comportamiento de las propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria. *Revista Lasallista de Investigación*, 12 (1), 10-20.
- Shofian, N., Hamid, A., Osman, A., Saari, N., Anwar, F., Pak Dek, M. & Hairuddin, M. (2011) Effect of freeze-drying on the antioxidant compounds and antioxidant activity of selected tropical fruits. *International Journal of Molecular Sciences*, 12 (7).
- Silva, N., Santana, R., Duarte, C. y Barrozo, M. (2016). Impact of freeze-drying on bioactive compounds of yellow passion fruit residues. *J. Food Process Engineering*. 2016:1-9.
- Sornosa, L. (2007). Informe técnico. Desarrollo del cultivo de piña. Hacienda San Antonio. ESPE-Santo Domingo, EC.
- Tabla de Composición de Alimentos colombianos. (2015). Instituto colombiano de bienestar familiar, Bogotá. Recuperado de: www.icbf.gov.co
- Tejada-Ortigoza, V., Serna-Saldívar, S.O., Welti-Chanes, J. (2016). Avances en la caracterización funcional y los procesos de extracción de la fibra dietética. *Ingeniería Alimentaria Comentarios*. 8, 1-21.
- Turley, D. B. (2008) The chemical value of biomass. En J. H. Clark, F. E. I. Deswarte, *Introduction to Chemicals from Biomass*. London: Wiley

- Umaña, J., Álvarez, C., Loperay, S. M., y Gallardo, C. (2013). Caracterización de harinas alternativas de origen vegetal con potencial aplicación en la formulación de alimentos libres de gluten. *Revista alimentos hoy*, 22 (29), 36-38.
- Yalegama, L., Karunaratne, N., Sivakanesan, R. & Chithrangani, J. (2013). Chemical and functional properties of fibre concentrates obtained from by-products of coconut kernel. *Food Chemistry*.
- Yeh, HY., Su, NW. & Lee, MH. (2005). Chemical compositions and physicochemical properties of the fiber-rich materials prepared from shoyu mash residue. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 4361
- Zartha-Sossa, J. (2001). *Operaciones unitarias aplicadas a la agroindustria*. Medellín, Colombia. Universidad Pontificia Bolivariana

ANEXOS

ANEXO 1. ANALISIS ESTADISTICO DE FD EN LA FIBRA DE PIÑA

Tabla 23. Análisis de Varianza para Fibra dietética total

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TIEMPO LAVADO	8.94907	1	8.94907	5.57	0.0260
B:TEMPERATURA	356.68	2	178.34	111.02	0.0000
LAVADO					
C:TIPOS DE SECADO	13.7456	1	13.7456	1.14	0.2923
INTERACCIONES					
AB	0.598126	2	0.299063	0.19	0.8312
AC	0.195806	1	0.195806	0.12	0.7298
BC	0.172927	2	0.0864633	0.05	0.9477
RESIDUOS	41.7662	26	1.60639		
TOTAL (CORREGIDO)	422.108	35			

Tabla 24. Análisis de Varianza para Fibra dietética insoluble

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TIEMPO LAVADO	0.155236	1	0.155236	0.12	0.7300
B:TEMPERATURA	3.94121	2	1.9706	1.54	0.2323
LAVADO					
C:TIPOS DE SECADO	0.487204	1	0.487204	0.44	0.5115
INTERACCIONES					
AB	0.113312	2	0.056656	0.04	0.9566
AC	0.007056	1	0.007056	0.01	0.9413
BC	0.240608	2	0.120304	0.09	0.9103
RESIDUOS	33.1684	26	1.27571		
TOTAL (CORREGIDO)	38.1131	35			

Tabla 25. Análisis de Varianza para Fibra dietética soluble

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TIEMPO LAVADO	6.74701	1	6.74701	31.97	0.0000
B:TEMPERATURA LAVADO	286.141	2	143.071	677.85	0.0000
LAVADO					
C:TIPOS DE SECADO	9.05709	1	9.05709	1.03	0.3173
INTERACCIONES					
AB	0.250281	2	0.125141	0.59	0.5600
AC	0.277202	1	0.277202	1.31	0.2622
BC	0.0198185	2	0.00990925	0.05	0.9542
RESIDUOS	5.48769	26	0.211065		
TOTAL (CORREGIDO)	307.98	35			

ANEXO 2. RESULTADOS DE PROPIEDADES FUNCIONALES DE FIBRA DE PIÑA**Tabla 26.** Análisis de Varianza para Capacidad de retención de aceite

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TIEMPO LAVADO	0.2070	1	0.2070	1.16	0.1600
B:TEMPERATURA LAVADO	0.128169	2	0.0640847	1.60	0.2216
C:TIPOS DE SECADO	4.4521	1	4.4521	110.98	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.0740217	2	0.0370109	0.92	0.4101
AC	0.0844871	1	0.0844871	2.11	0.1587
BC	0.250743	2	0.125372	3.13	0.0608
RESIDUOS	1.04304	26	0.0401168		
TOTAL (CORREGIDO)	7.6034	35			

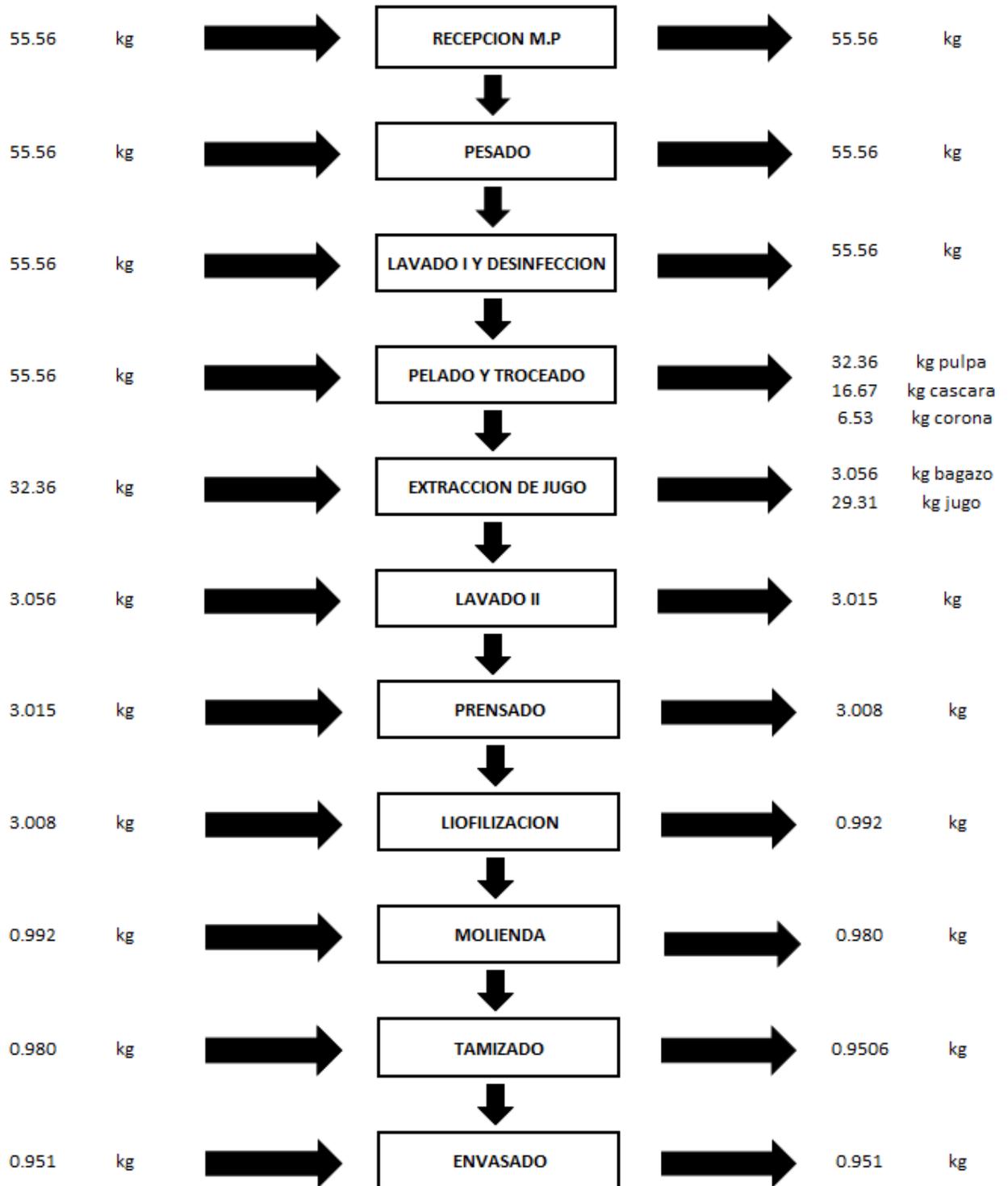
Tabla 27. Análisis de Varianza para Capacidad de hinchamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TIEMPO LAVADO	2.63251	1	2.63251	13.19	0.0012
B:TEMPERATURA	6.11653	2	3.05827	15.32	0.0000
LAVADO					
C:TIPOS DE SECADO	33.4643	1	33.4643	58.67	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.204077	2	0.102039	0.51	0.6057
AC	0.26027	1	0.26027	1.30	0.2639
BC	4.99051	2	2.49525	12.50	0.0002
RESIDUOS	5.19049	26	0.199634		
TOTAL (CORREGIDO)	52.8587	35			

ANEXO 4. ANALISIS ESTADISTICO DE AZUCARES REDUCTORES EN BAGAZO DE PIÑA**Tabla 28.** Análisis de Varianza para azucares reductores

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón F	Valor-P
A:TIEMPO LAVADO	1.22722	1	1.22722	35.85	0.0001
B:TEMPERATURA	8.82882	1	8.82882	257.90	0.0000
LAVADO					
AB	0.00639408	1	0.00639408	0.19	0.6740
BB	0.00702803	1	0.00702803	0.21	0.6593
bloques	0.333025	2	0.166513	4.86	0.0307
Error total	0.376574	11	0.034234		
Total (corr.)	10.7791	17			

ANEXO 5. BALANCE DE MASA PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE BAGAZO DE PIÑA



ANEXO 6. IMÁGENES DE LA OBTENCIÓN DE HARINA DE BAGAZO DE PIÑA



Recepción de materia prima



Lavado y desinfección de piñas



Pelado y retirada de ojos de la piña



Trozado de la piña



Extracción de jugo y obtención de bagazo de piña



Lavado de bagazo en equipo Baño María



Prensado de bagazo



Secado por liofilización

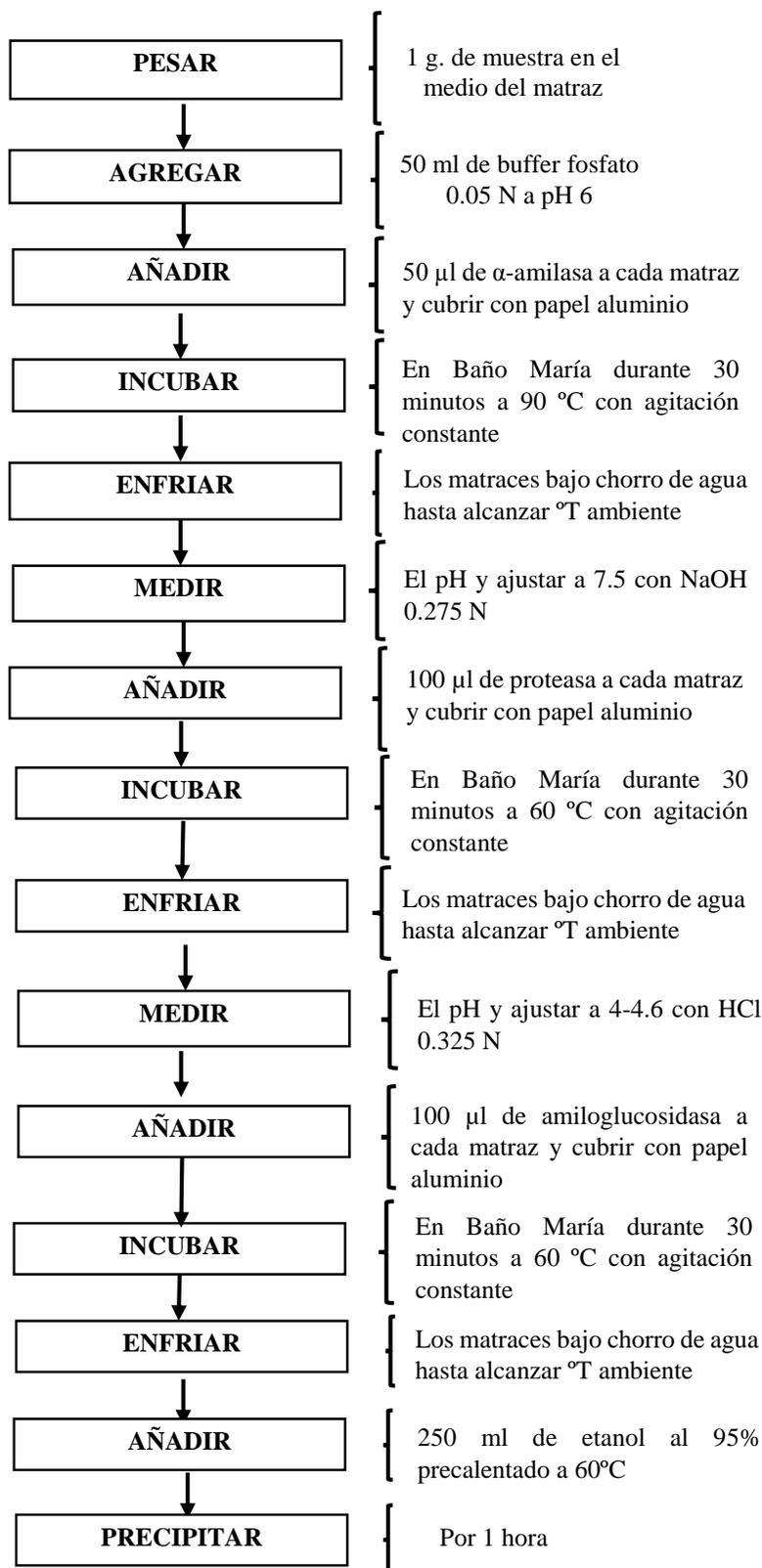


Harina obtenida mediante molienda



Harina envasada en bolsas de polipropileno

**ANEXO 7. DETERMINACIÓN DE FIBRA DIETÉTICA TOTAL E INSOLUBLE
MEDIANTE METODO ENZIMATICO GRAVIMETRICO**



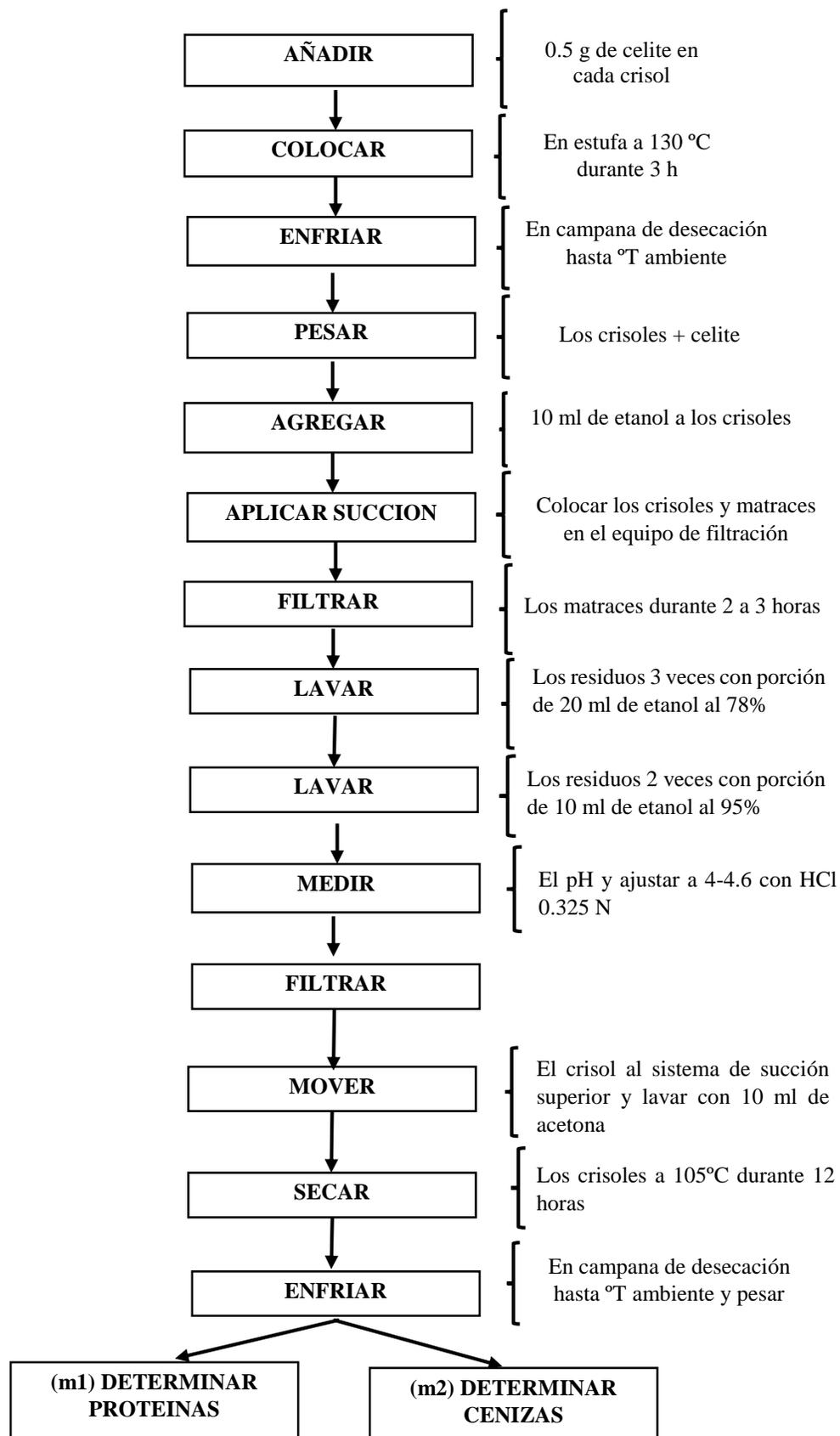


figura 9. Puesta en marcha del equipo de filtración para FDT y FDI

ANEXO 7.1. IMAGENES DE LA DETERMINACION DE FIBRA DIETETICA



Pesar 1 g de muestra de fibra de piña



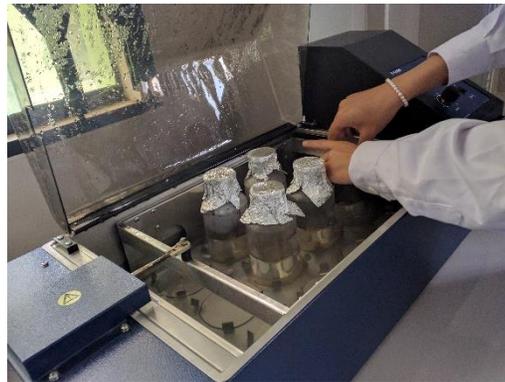
Colocar las muestras en matraces cuidando que quede en el centro de estos



Añadir 50 ml de buffer fosfato pH 6 a cada matraz



Añadir 50 μ l de enzima α -amilasa a cada matraz incluido el blanco



Incubar en Baño María los matraces a 90°C durante 30 minutos y agitación constante



Enfriar bajo chorro de agua hasta °T ambiente



Medir pH y ajustar a 7.5 agregando gotas de NaOH 0.275 M.



Añadir 100 μ l de enzima proteasa a cada matraz



Incubar en Baño María los matraces a 60°C durante 30 minutos y agitación constante



Enfriar bajo chorro de agua hasta °T ambiente



Medir pH y ajustar a 4-4.6 agregando gotas de HCl -0.325 M.



Añadir 100 μ l de enzima amilglucosidasa a cada matraz incluido el blanco



Incubar en Baño María los matraces a 60°C durante 30 minutos y agitación constante



Agregar 250 ml de etanol 95% precalentado a 60°C y dejar reposar por 1 hora hasta precipitación





Celite empleado



Pesar 0.5 g de celite en cada crisol



Colocar en estufa a 130°C durante 3 horas



Colocar en campana desecadora hasta alcanzar $^{\circ}$ T ambiente



Humedecer los crisoles con 10 ml de acetona



Colocar los matracos y crisoles en el equipo de filtración



Lavar los residuos 3 veces con porciones de 20 ml de etanol 78% y lavar 2 veces con porciones de 10 ml de etanol 95%



Equipo de filtración en marcha



Mover los crisoles al sistema de succión superior y lavar con 10 ml de acetona



Residuo obtenido luego de filtración



Colocar los crisoles en estufa a 105°C durante 12 horas



Colocar los crisoles en campana desecadora hasta °T ambiente



Determinar proteínas del residuo obtenido mediante equipo Kjeldal (m1)



Determinar cenizas del residuo obtenido (m2) mediante incineración en mufla a 500 °C

**ANEXO 8. DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE FIBRA DIETÉTICA TOTAL POR
MÉTODO ENZIMÁTICO-GRAVIMÉTRICO**

experimento	masa del residuo (g)	proteínas (g)	cenizas (g)	Blanco (g)	masa de muestra (g)	%FDT
T1	0.7574	0.0045	0.0203	-0.000267	1.0047	69.10
	0.6812				1.0063	
T2	0.7041	0.00357	0.0196	-0.000267	1.0094	66.58
	0.6852				1.0085	
T3	0.6554	0.00324	0.0144	-0.000267	1.0087	61.75
	0.6223				1.0041	
T4	0.7024	0.00421	0.0037	-0.000267	1.0039	68.35
	0.6843				1.0027	
T5	0.6841	0.00394	0.0214	-0.000267	1.0092	64.93
	0.6726				1.0029	
T6	0.6295	0.00367	0.0043	-0.000267	1.0005	60.75
	0.6016				1.0007	
T7	0.7147	0.00438	0.0198	-0.000267	1.0061	70.15
	0.7426				1.0032	
T8	0.7019	0.00332	0.0098	-0.000267	1.0047	67.15
	0.6715				1.0022	
T9	0.6654	0.00336	0.015	-0.000267	1.0075	63.13
	0.6415				1.0052	
T10	0.7331	0.00412	0.0173	-0.000267	1.0079	69.85
	0.7154				1.0054	
T11	0.7124	0.00376	0.0291	-0.000267	1.0062	66.83
	0.6957				1.0032	
T12	0.6514	0.00323	0.0169	-0.000267	1.0032	61.49
	0.6215				1.0022	
blanco	-0.042	0.000257	-0.04199			

**ANEXO 9. DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE FIBRA DIETÉTICA INSOLUBLE
POR MÉTODO ENZIMÁTICO-GRAVIMÉTRICO**

experimento	masa del residuo (g)	proteínas (g)	cenizas (g)	Blanco (g)	masa de muestra (g)	%FDI
T1	0.6491	0.00434	0.0114	0.00888	1.0095	60.00
	0.6114				1.0092	
T2	0.6381	0.00324	0.009	0.00888	1.0435	59.90
	0.6315				1.0054	
T3	0.6836	0.00367	0.0579	0.00888	1.0076	59.49
	0.6547				1.0052	
T4	0.6211	0.00452	0.0047	0.00888	1.0218	60.00
	0.6309				1.0045	
T5	0.6481	0.00382	0.0213	0.00888	1.002	59.78
	0.6175				1.0011	
T6	0.6608	0.00363	0.0392	0.00888	1.003	59.35
	0.6317				1.0008	
T7	0.6428	0.00469	0.009	0.00888	1.0056	60.45
	0.6154				1.0012	
T8	0.6254	0.00313	0.012	0.00888	1.0068	60.12
	0.6321				1.0051	
T9	0.6186	0.00351	0.0174	0.00888	1.0054	59.65
	0.6395				1.004	
T10	0.6515	0.00487	0.0431	0.00888	1.0038	60.38
	0.6734				1.0022	
T11	0.6395	0.00321	0.0192	0.00888	1.0022	60.14
	0.6287				1.0026	
T12	0.6134	0.00304	0.0076	0.00888	1.0019	59.22
	0.6114				1.0005	
blanco	-0.043	0.000217	-0.0521			

ANEXO 9.1 CALCULO DE FIBRA DIETETICA TOTAL (FDT)

$$B = BR - BP - BC$$

$$B = -0.042 - 0.000257 - (-0.04199)$$

$$B = -0.000267$$

$$\% FDT = \frac{\frac{R1 + R2}{2} - P - C - B}{\frac{m1 + m2}{2}}$$

$$\% FDT = \frac{\frac{0.7574 + 0.6812}{2} - 0.0045 - 0.0203 - (-0.000267)}{\frac{1.0047 + 1.0063}{2}} \times 100 \%$$

$$\% FDT = 69.1 \%$$

ANEXO 9.2 CALCULO DE FIBRA DIETETICA INSOLUBLE (FDI)

$$B = BR - BP - BC$$

$$B = -0.043 - 0.000217 - (-0.0521)$$

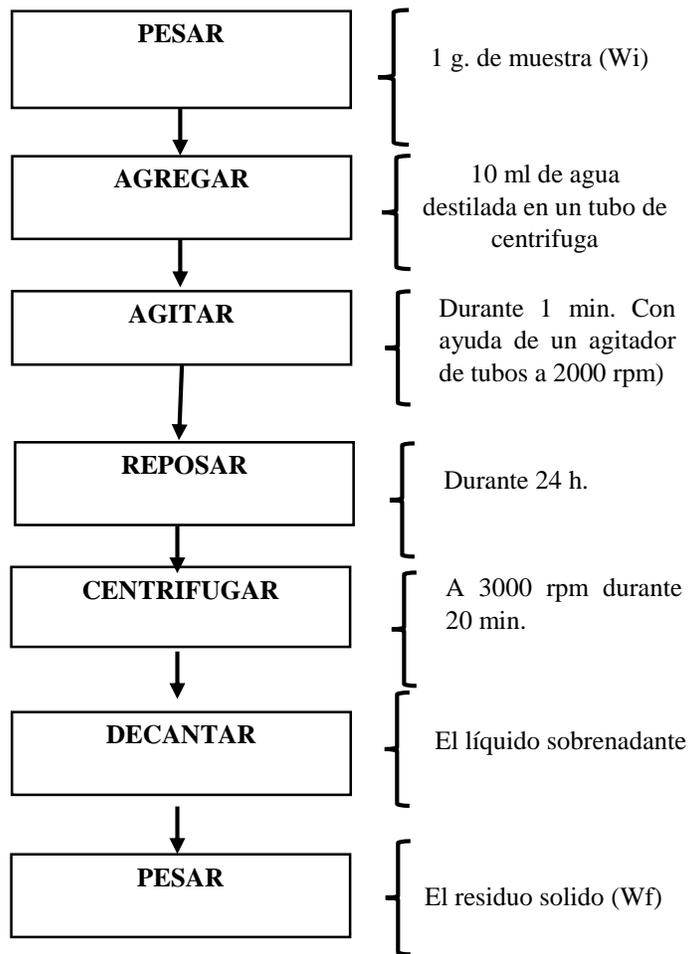
$$B = 0.00888$$

$$\% FDT = \frac{\frac{R1 + R2}{2} - P - C - B}{\frac{m1 + m2}{2}}$$

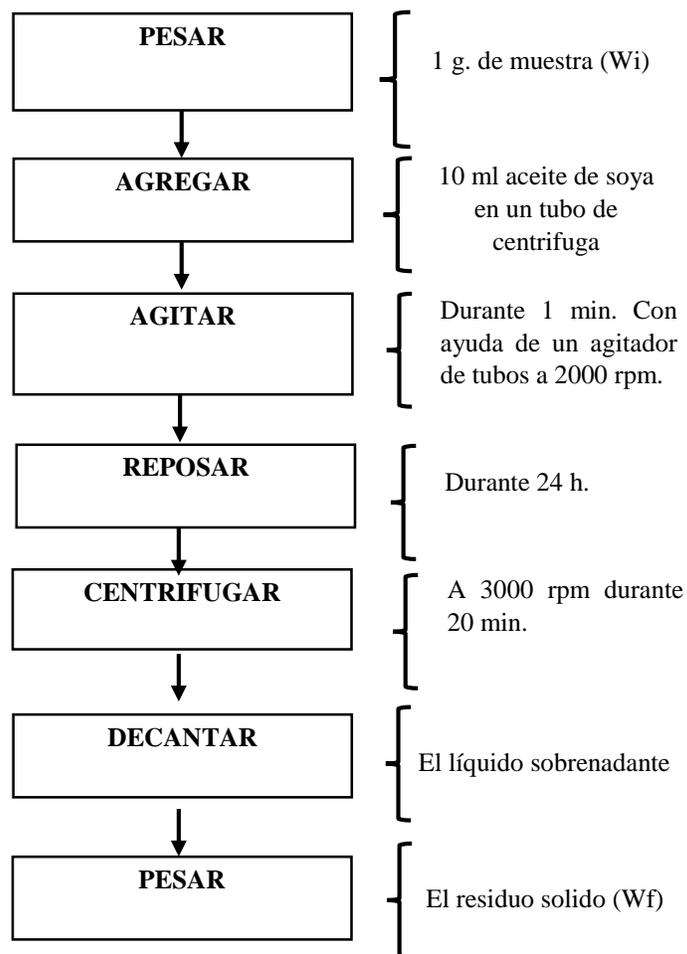
$$\% FDT = \frac{\frac{0.6491 + 0.6114}{2} - 0.00434 - 0.0114 - 0.00888}{\frac{1.0095 + 1.0092}{2}} \times 100 \%$$

$$\% FDT = 60.0 \%$$

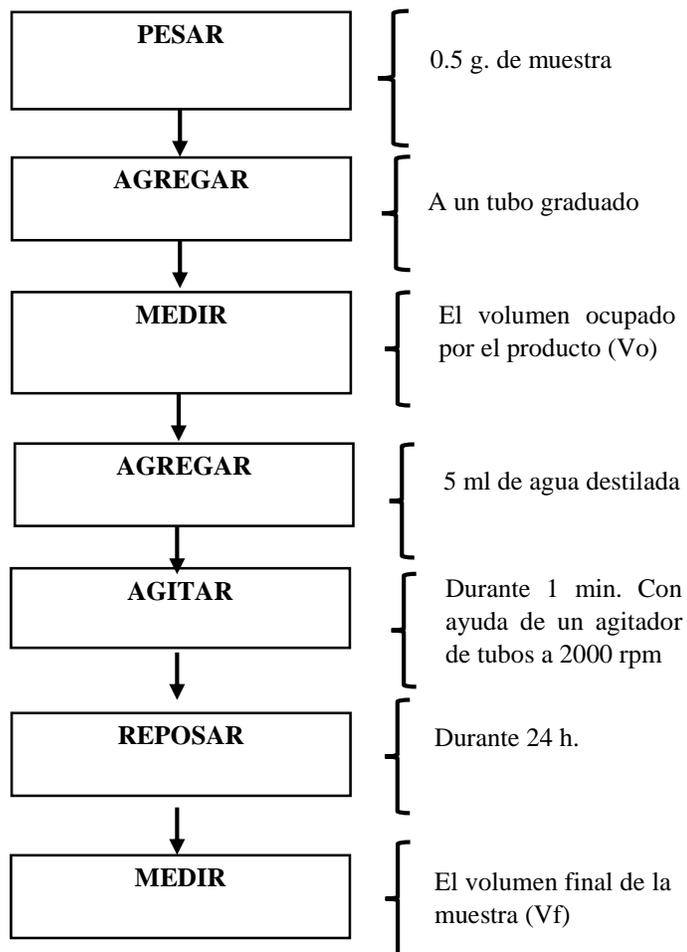
ANEXO 10. DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)



ANEXO 11. DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE ACEITE (CRAC)



ANEXO 12. DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO (CH)



**ANEXO 13. DATOS PROMEDIO DE CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA (CRA) DE
LA HARINA DE BAGAZO DE PIÑA**

experimento	peso muestra (g)	peso tubo + fibra (g)	peso tubo + fibra + agua retenida (g)	g agua/ g fibra
T1	1.0083	7.3473	13.12	5.73
T2	1.0014	7.3554	12.83	5.47
T3	1.007	7.222	11.76	4.51
T4	1.0017	7.2357	12.67	5.43
T5	1.0018	7.1968	12.51	5.30
T6	1.0008	7.3548	11.91	4.55
T7	1.0005	7.2645	14.20	6.93
T8	1.0036	7.3716	14.05	6.65
T9	1.0042	7.1682	13.13	5.94
T10	1.0005	7.3285	13.9	6.57
T11	1.0036	7.2396	12.66	5.40
T12	1.0042	7.3512	13.2	5.82

ANEXO 12.1 CALCULO DE CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA (CRA)

$$CRA = \frac{Wf - Wi}{Wi}$$

$$CRA = \frac{13.12 - 7.3473}{1.0083}$$

$$CRA = 5.73 \frac{g \text{ agua}}{g \text{ fibra b.s}}$$

**ANEXO 14. DATOS PROMEDIO DE CAPACIDAD DE RETENCION DE ACEITE (CRAc)
DE LA HARINA DE BAGAZO DE PIÑA**

experimento	peso muestra (g)	peso tubo + fibra (g)	peso tubo + fibra + aceite retenido (g)	g aceite/ g fibra
T1	1.004	7.3513	9.79	2.43
T2	1.0057	7.3611	10.19	2.81
T3	1.0033	7.2253	9.69	2.46
T4	1.0021	7.2378	9.21	1.97
T5	1.0024	7.1992	9.64	2.43
T6	1.0017	7.3565	9.47	2.11
T7	1.0025	7.267	10.56	3.28
T8	1.0005	7.3721	10.60	3.23
T9	1.0057	7.1739	10.26	3.07
T10	1.0012	7.3297	10.17	2.84
T11	1.0034	7.243	10.01	2.76
T12	1.0013	7.3525	10.21	2.85

ANEXO 13.1 CALCULO DE CAPACIDAD DE RETENCION DE ACEITE (CRAc)

$$CRAc = \frac{Wf - Wi}{Wi}$$

$$CRAc = \frac{9.79 - 7.3513}{1.004}$$

$$CRAc = 2.43 \frac{g \text{ aceite}}{g \text{ fibra b.s}}$$

**ANEXO 15. DATOS PROMEDIO DE CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO (CH) DE LA
HARINA DE BAGAZO DE PIÑA**

experimento	peso muestra (g)	Volumen inicial (ml)	Volumen final (ml)	ml agua / g fibra
T1	1.0085	3.6	10.5	6.84
T2	1.0055	4	10.3	6.27
T3	0.999	4.1	9.1	5.01
T4	1.013	5.2	11.6	6.32
T5	1.0065	5.5	11.7	6.16
T6	1.0175	6.4	11	4.52
T7	1.0075	2	10	7.94
T8	1.0065	2.5	10.8	8.25
T9	1.0084	2.4	10.7	8.23
T10	1.0249	3.3	11.2	7.71
T11	1.0088	3.6	11	7.34
T12	1.0095	3.2	10.5	7.23

ANEXO 14.1 CALCULO DE CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO (CH)

$$CH = \frac{Vf - Vo}{Wi}$$

$$CH = \frac{10.5 - 3.6}{1.0085}$$

$$CH = 6.84 \frac{ml\ agua}{g\ fibra\ b.s}$$

ANEXO 16. DETERMINACIÓN DE AZUCARES REDUCTORES

Preparación de curva de calibrado

1. Preparar solución estándar: agregar 0.1 g de glucosa en 100 ml de agua destilada (1 mg/ml).
2. Preparar 6 tubos con tapa y adicionar la solución estándar con el agua destilada según la tabla adjunta.
3. Luego agregar 1 ml de DNS con una micropipeta y agitar.
4. Hervir agua en una ollita y colocar los 6 tubos juntos por 5 min., pasado este tiempo retirar los 6 tubos juntos y enfriar con hielo durante 3 min.
5. Adicionar 5 ml de agua destilada y reposar 15 min y al 15vo minuto medir la absorbancia a 540 nm en el espectrofotómetro UV/Visible.

Tabla 29. Preparación de soluciones para curva DNS

volumen solución estándar (ml)	volumen de Agua destilada (ml)	Azucares Reductores (mg/ml)	Absorbancia 540 nm
1	0	1	0.0302
0.8	0.2	0.8	0.0221
0.6	0.4	0.6	0.0158
0.4	0.6	0.4	0.011
0.2	0.8	0.2	0.0038
0	1	0	0.000

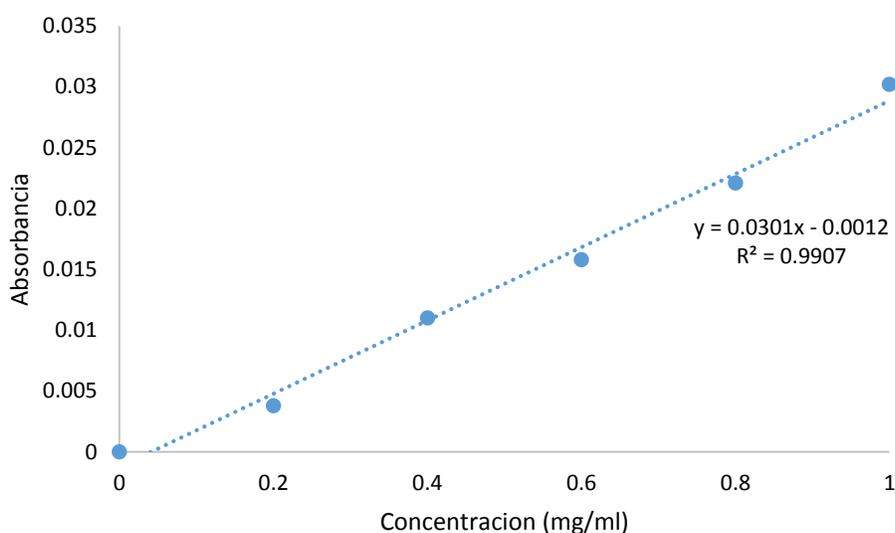


Gráfico 19. Curva de calibrado DNS

ANEXO 16.1 DETERMINACIÓN DE AZUCARES REDUCTORES EN MUESTRAS



Retirar las muestras de bagazo de piña almacenadas en refrigerador y pesar 1 g.



Machar las muestras con ayuda de un mortero



Filtrar el bagazo.



Presionar para obtener el líquido filtrado restante



Diluir con 50 ml de agua destilada y tranvasar en tubos de ensayo



Tomar 1 ml de solución diluida y añadir 1 ml de reactivo DNS



En un vaso de precipitado hervir agua y colocar los tubos



Adicionar 5 ml de agua destilada y reposar 15 min



Leer la absorbancia a 540 nm en espectrofotómetro uv visible

ANEXO 17. ANALISIS PROXIMAL DE LA MATERIA PRIMA Y HARINA DE BAGAZO



DETERMINACION DE CENIZAS



DETERMINACION DE HUMEDAD EN ESTUFA



DETERMINACION DE NITROGENO



DETERMINACION DE GRASA

ANEXO 18. ANALISIS FISICOQUIMICO DE LA MATERIA PRIMA Y HARINA DE BAGAZO



DETERMINACION DE COLOR INSTRUMENTAL



DETERMINACION DE ACIDEZ TITULABLE



DETERMINACION DE ACTIVIDAD DE AGUA



DETERMINACION DE PH



DETERMINACION DE SOLIDOS SOLUBLES

**ANEXO 19. RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO DEL MEJOR
TRATAMIENTO EN LABORATORIO COLECBI**



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046**



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20180103-002

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR	: CRISTHIAN CORTEZ CRUZ CYNTHIA MORALES CHERRES.
DIRECCIÓN	: AA.HH. Virgen del Carmen Mz. A Lote 4 Coishco.
PRODUCTO DECLARADO	: HARINA DE BAGAZO DE PIÑA.
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: En bolsa de polipropileno transparente cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2018-01-03
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2018-01-03
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO	: 2018-01-08
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN	: Laboratorio de Microbiología.
CODIGO COLECBI	: SS 180103-2

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	Liofilización
Aerobios Mesófilos (UFC/g)	32x10
Mohos (UFC/g)	50re
Levaduras (UFC/g)	<10

re : Recuento estimado.

METODOLOGIA EMPLEADA

Aerobios Mesófilos: ICMSF 1983 Reimpresión 2000 Vol I 2da Ed. Editorial Acribia - España pág.:120 a 124. Enumeración de microorganismos aerobios mesófilos: Métodos de Recuento en Placa. Método 1 (Recuento estándar en Placa).

Mohos, Levaduras: ICMSF 1983 Reimpresión 2000 Vol I 2da Ed. II Editorial Acribia - España pág.:166 a 167. Método del Recuento de Levaduras y Mohos por siembra en placa en todo el medio.

NOTA -

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Enero 09 del 2018.

GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos
 Gerente de Laboratorios
 C.B.P. 326
 COLECBI S.A.C.

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 I Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
 Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
 Web: www.colecbi.com

ANEXO 20. CLASIFICACION DE PIÑA MD-2 SEGÚN EL COLOR EXTERNO

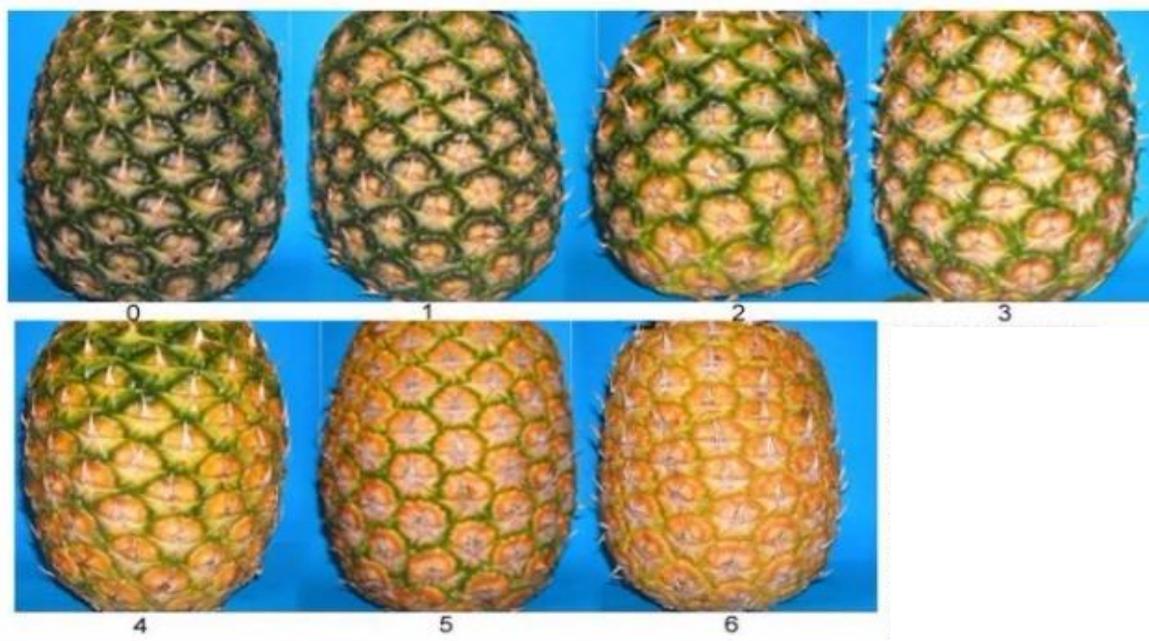


figura 10. Clasificación de la piña de acuerdo al color externo

Fuente: Pineapple news and information

El siguiente cuadro muestra la descripción para la clasificación grafica de la figura 9.

Cuadro 3. Descripción de la clasificación grafica de la piña

Núm.	Descripcion
0	Totalmente verde sin amarillo.
1	Un poco de amarillo aparece al centro de los ojos.
2	Los ojos se ponen amarillo 3/4 con perimetros verdes.
3	La mayor parte de los ojos son amarillos.
4	Todos los ojos son amarillos con el perimetro verde.
5	Todos lo ojos son amarillo con un leve verde en el perimetro.
6	Totalmente amarillo sin ningun verde.

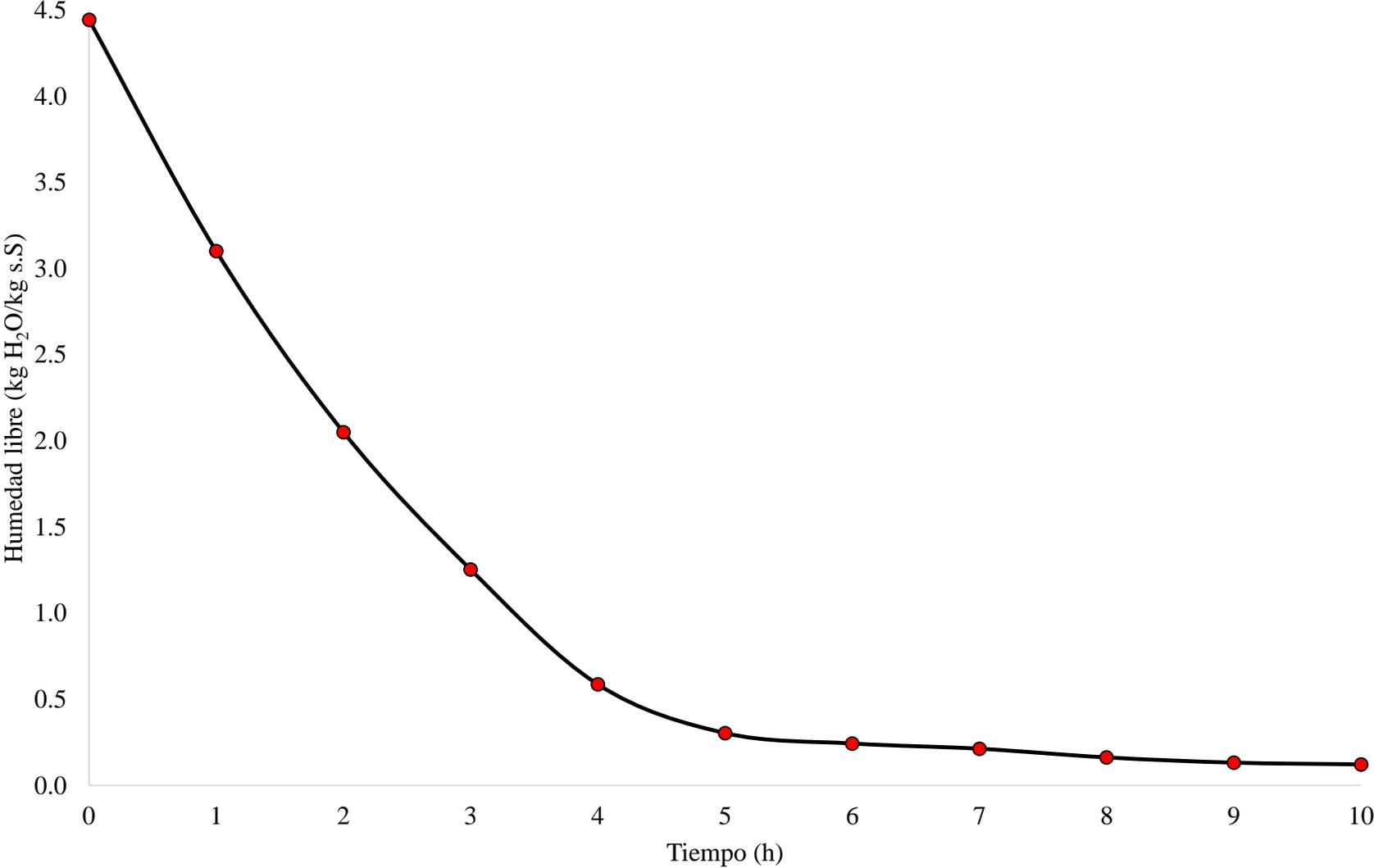
Cuadro 4. Parámetros operativos para secado por aire caliente

Parámetros	Valor
Densidad de carga	1.5 kg/m ²
Temperatura de entrada	62 °C
Temperatura de cámara	60 °C
Presión de cámara	1 atm
Velocidad de aire	20 hz
Tiempo	10 hr

Cuadro 5. Parámetros operativos para secado por liofilización

Parámetros	Valor
Densidad de carga	1.5 kg/m ²
Temperatura de congelación	-40°C
Temperatura de placa durante sublimación	-10°C
Temperatura de placa durante desorción	30°C
Presión de vacío	0.08 mbar
Temperatura de condensador	-86 °C
Tiempo	23 hr

ANEXO 18. CINÉTICA DE SECADO POR AIRE CALIENTE



ANEXO 19. PERFIL DE TEMPERATURA EN LIOFILIZACIÓN DE BAGAZO DE PIÑA

