

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

Trabajo Final de Graduación bajo la modalidad de Proyecto para optar por el  
Grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos

**Evaluación del potencial tecnológico de una harina de plátano  
verde con cáscara de la variedad Curraré  
(*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) como fuente de fibra y  
sustituto de grasa para productos cárnicos**

Alejandra Morales Torres  
Carné A53786


Ciudad Universitaria Rodrigo Facio  
San José, Costa Rica

Mayo, 2013

## TRIBUNAL EXAMINADOR

Proyecto de graduación presentado en la Escuela de Tecnología de Alimentos como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

Elaborado por: Alejandra Morales Torres



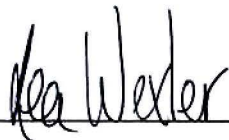
M.G.A. Yorlenny María Araya Quesada

DIRECTORA DEL PROYECTO



M.Sc. Pedro Óscar Vargas Aguilar

ASESOR DEL PROYECTO




M.Sc. Lea Margarita Wexler Goering

ASESORA DEL PROYECTO



Licda. Adriana Araya Morice

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Lic. Eduardo Thompson Vicente

PROFESOR DESIGNADO

## **DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

La información generada en este proyecto se considera de uso público.

## PREFACIO



### *Oración al Espíritu Santo*

*Cardenal Verdier*

*¡Oh Espíritu Santo!, Amor del Padre, y del Hijo,  
inspírame siempre lo que debo pensar,  
lo que debo decir,  
cómo debo decirlo,  
lo que debo callar,  
cómo debo actuar,  
lo que debo hacer,  
para gloria de Dios,  
bien de las almas  
y mi propia Santificación.*

*Espíritu Santo,  
dame agudeza para entender,  
capacidad para retener,  
método y facultad para aprender,  
sutileza para interpretar,  
gracia y eficacia para hablar.  
Dame acierto al empezar  
dirección al progresar  
y perfección al acabar.*

*Amén*

## DEDICATORIA

*A Dios, mi Señor, por darme la fortaleza para continuar el camino.*

*A mis padres y mis hermanos, por apoyarme cada día.*

*A mi bello Amor, por darme aliento.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Gracias Dios Mio,*

*por haberme brindado tantas bendiciones en mi vida y darme tantos regalos, por haberme permitido alcanzar mis metas y brindarme tanta fortaleza en mi caminar.*

*Gracias Mynor,*

*por darme valor cuando me ha inundado el miedo, por regañarme cada vez que lo necesité, por darme tanto apoyo y por hacer de tu corazón mi dulce hogar.*

*Gracias a mi familia,*

*por su gran amor e incondicional apoyo. Cada uno a su manera me ha enseñado cosas valiosas y me han recordado el motivo por el cual se debe luchar y trabajar duro en la vida.*

*Gracias Yorle,*

*por ser mi querida amiga y ejemplo a seguir, por su gran ayuda durante la realización de este proyecto, por compartir mis alegrías y por su apoyo en los duros momentos.*

*Gracias a mis profesores,*

*en especial a mis asesores don Pedro y doña Lea, por su paciencia y por tener siempre sus puertas abiertas para aconsejarme cada vez que tuve dudas.*

*Al personal de la Escuela de Tecnología de Alimentos,*

*en especial a mis amigas Micela, Tatiana y Marianela; y a mis amigos Giovanni y Luis; por su ayuda y sus buenos consejos durante tantos años.*

*Al personal de la Planta del CITA,*

*en especial a Camacho y Alonso, por su colaboración en las largas horas de plantas y en mi formación práctica durante la carrera.*

## ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL EXAMINADOR .....	ii
DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL .....	iii
PREFACIO .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE CUADROS .....	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....	xvii
RESUMEN .....	xix
I. JUSTIFICACIÓN .....	1
II. OBJETIVOS.....	6
2.1 Objetivo General.....	6
2.2 Objetivos Específicos.....	6
III. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1 Generalidades del plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ).....	7
3.1.1 Origen e Historia .....	7
3.1.2 Localización .....	7
3.1.3 Cultivo y Morfología.....	8
3.1.4 Composición.....	11
3.1.5 Variedades y volúmenes de producción en Costa Rica.....	12
3.2 Sustitutos de Grasa .....	14
3.2.1 Generalidades .....	14
3.2.2 Utilización de sustitutos de grasa en productos cárnicos.....	16
3.2.2.1 Sustitutos de naturaleza lipídica .....	18
3.2.2.2 Sustitutos de naturaleza glucídica.....	19
3.2.2.3 Sustitutos de naturaleza proteica .....	20
3.2.2.4 Sustitutos de naturaleza no convencional .....	21

3.2.2.4.1	Concentrados de fibras dietéticas .....	22
3.2.2.4.2	Purés.....	25
3.2.2.4.3	Harinas .....	25
3.2.2.4.4	Suero lácteo.....	26
3.3	Propiedades Tecnológicas de la Fibra .....	27
3.3.1	Capacidad de Retención de Agua (WHC) .....	29
3.3.2	Solubilidad.....	29
3.3.3	Hinchamiento (SW) .....	30
3.3.4	Capacidad de absorción de grasa (FAC) .....	30
3.3.5	Estabilidad emulsionante .....	30
3.3.6	Textura .....	31
3.3.7	Color .....	32
3.4	Geles de emulsiones cárnicas .....	34
3.4.1	Generalidades .....	34
3.4.2	Ingredientes .....	34
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	37
4.1	Localización del proyecto.....	37
4.2	Materia Prima .....	37
4.3	Proceso de elaboración de la harina de plátano verde con cáscaras .....	37
4.3.1	Desmanado .....	37
4.3.2	Lavado .....	38
4.3.3	Desinfección .....	38
4.3.4	Troceado .....	38
4.3.5	Secado .....	38
4.3.6	Molienda .....	38
4.3.7	Empaque .....	39
4.3.8	Almacenamiento .....	39
4.4	Caracterización de la harina de plátano verde con cáscara.....	41
4.4.1	Composición proximal.....	41
4.4.2	Determinación del tamaño de partícula .....	41



4.5	Evaluación de las propiedades tecnológicas de la harina de plátano verde con cáscara.	42
4.6	Evaluación de las propiedades de la harina de plátano en modelos de emulsiones cárnicas	42
4.6.1	Corte	42
4.6.2	Picado	43
4.6.3	Mezclado	43
4.6.4	Centrifugado	43
4.6.5	Calentamiento	43
4.6.6	Cocción	43
4.6.7	Enfriamiento	43
4.6.8	Refrigeración	43
4.7	Métodos de análisis	47
4.7.1	Análisis físicos	47
4.7.1.1	<i>pH de la harina de plátano</i>	47
4.7.1.2	<i>Evaluación de color de la harina de plátano</i>	47
4.7.1.3	<i>Tamizado de la harina de plátano</i>	47
4.7.1.4	<i>pH de los modelos de emulsiones cárnicas</i>	48
4.7.1.5	<i>Análisis del perfil de textura (TPA) de los modelos de emulsiones cárnicas</i>	48
4.7.1.6	<i>Evaluación de color de los modelos de emulsiones cárnicas</i>	49
4.7.1.7	<i>Rendimiento de cocción de los modelos de emulsiones cárnicas</i>	50
4.7.2	Análisis químicos	50
4.7.2.1	<i>Humedad en la harina de plátano</i>	50
4.7.2.2	<i>Cenizas en la harina de plátano</i>	50
4.7.2.3	<i>Grasa en la harina de plátano</i>	51
4.7.2.4	<i>Proteína en la harina de plátano</i>	51
4.7.2.5	<i>Almidón en la harina de plátano</i>	51
4.7.2.6	<i>Capacidad de absorción de agua (WHC) de la harina de plátano</i>	51
4.7.2.7	<i>Solubilidad de la harina de plátano</i>	52
4.7.2.8	<i>Hinchamiento (SW) de la harina de plátano</i>	52
4.7.2.9	<i>Capacidad de absorción de grasa (FAC) de la harina de plátano</i>	52
4.7.2.10	<i>Capacidad de retención de agua (WHC) de los modelos de emulsiones cárnicas</i>	52

V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
5.1	Caracterización de la harina de plátano verde con cáscara.....	54
5.2	Evaluación de las propiedades tecnológicas de la harina de plátano verde con cáscara .	61
5.3	Evaluación de las propiedades de la harina de plátano en modelos de emulsiones cárnicas .....	65
VI.	CONCLUSIONES .....	75
VII.	RECOMENDACIONES .....	76
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	77
IX.	ANEXOS .....	93
9.1	Cuadros de resultados.....	93
9.1.1	Caracterización de la harina .....	93
9.1.2	Propiedades tecnológicas de la harina.....	103
9.1.3	Propiedades de los geles cárnicos.....	105
9.2	Análisis estadísticos.....	113
9.2.1	Caracterización de la harina .....	113
9.2.2	Propiedades tecnológicas de la harina.....	114
9.2.3	Propiedades de los geles cárnicos.....	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de cultivo del plátano o banano .....	8
Figura 2. Principales partes de la planta de plátano .....	10
Figura 3. Pirámide nutricional (clasificación utilizada en U.S.A.) (a) y Plato diario (clasificación utilizada en Guías Alimentarias en C.R.) (b) .....	16
Figura 4. Estructuras de algunos sustitutos de materia grasa de naturaleza lipídica .....	18
Figura 5. Principales sustitutos de materia grasa de naturaleza lipídica .....	19
Figura 6. Principales sustitutos de materia grasa de naturaleza glucídica .....	20
Figura 7. Curva de análisis de perfil de textura (a) y fuerzas implicadas durante el TPA (b) .....	32
Figura 8. Plano de cromaticidad del sistema CIELAB .....	33
Figura 9. Diagrama de flujo para la elaboración de ambas harinas de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara.....	40
Figura 10. Diagrama de flujo para la elaboración de los geles cárnicos modelo utilizando harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara como sustituto de grasa .....	44
Figura 11. Metodología seguida para evaluar el potencial tecnológico de una harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara como fuente de fibra y sustituto de grasa para productos cárnicos.....	46
Figura 12. Análisis de perfil de textura de los geles cárnicos sustituidos con harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara .....	49
Figura 13. Determinación del color de los geles cárnicos sustituidos con harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara .....	50
Figura 14. Material retenido en la malla del molino de martillos durante la molienda de la harina plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara gruesa (a) y fina (b)....	56

Figura 15. Efecto de la adición de harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara con diferentes tamaños de partícula y grados de sustitución sobre el rendimiento de cocción (a) y la capacidad de retención de agua (b) en los geles cárnicos ..... 66

Figura 16. Efecto de la adición de harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara con diferentes tamaños de partícula y grados de sustitución sobre la dureza (a), elasticidad (b), cohesividad (c), adhesividad (d), gomosidad (e) y masticabilidad (f) en los geles cárnicos ..... 68

Figura 17. Efecto de la adición de harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara con diferentes tamaños de partícula y grados de sustitución sobre los parámetros L\* (a), a\* (b), b\* (c), C\* (d) y H° (e) en los geles cárnicos ..... 71

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I. Valor nutricional del plátano verde fresco por 100 g de sustancia comestible .....	11
Cuadro II. Comportamiento de la actividad platanera en Costa Rica de 2007 hasta 2010 .....	12
Cuadro III. Producción de plátano en las mayores áreas de producción para el año 2009.....	13
Cuadro IV. Exportaciones de plátano durante los años 2007 a 2010 .....	14
Cuadro V. Contenido de fibra dietética total (FDT) obtenida de diferentes fuentes.....	24
Cuadro VI. Harinas extraídas de diferentes fuentes utilizadas como ingredientes funcionales en productos cárnicos .....	26
Cuadro VII. Relación entre las propiedades funcionales y sensoriales de la fibra .....	28
Cuadro VIII. Formulación de los geles modelo sustituidos con harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara para evaluar sus propiedades tecnológicas .....	45
Cuadro IX. Tamices de la serie Tyler utilizados para caracterizar granulométricamente las harinas de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara.....	48
Cuadro X. Composición proximal promedio de las harinas de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara de diferente tamaño de partícula .....	54
Cuadro XI. Contenidos de fibra dietética y almidón de un polvo rico en fibra de plátano y de harina de plátano ( <i>Musa paradisiaca L.</i> ) .....	58
Cuadro XII. Parámetros de color evaluados para las harinas de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara con diferente tamaño de partícula.....	59
Cuadro XIII. Fracciones retenidas promedio para las harinas de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara durante el análisis granulométrico.....	59
Cuadro XIV. Propiedades tecnológicas evaluadas para las harinas de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara con diferente tamaño de partícula .....	61
Cuadro XV. Propiedades tecnológicas para diversos productos utilizados como sustitutos de grasa reportadas en la literatura.....	63

Cuadro XVI. Valores de pH de los geles cárnicos formulados con diferentes grados de adición de harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara .....	65
Cuadro XVII. Valores de pH obtenidos para la harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara.....	93
Cuadro XVIII. Contenido promedio de proteína en la harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara .....	93
Cuadro XIX. Datos obtenidos para la determinación de humedad en la harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara .....	94
Cuadro XX. Contenidos promedio de almidón total en la harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara.....	94
Cuadro XXI. Datos obtenidos para la determinación de cenizas en la harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara.....	95
Cuadro XXII. Datos obtenidos para la determinación de grasa en la harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara.....	95
Cuadro XXIII. Datos obtenidos para la determinación del color en la harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara.....	96
Cuadro XXIV. Contenido promedio de carbohidratos obtenidos por diferencia en la harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara.....	96
Cuadro XXV. Datos obtenidos para el análisis granulométrico de la harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara.....	97
Cuadro XXV. Datos obtenidos para el análisis granulométrico de la harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara (continuación.....)	98
Cuadro XXV. Datos obtenidos para el análisis granulométrico de la harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara (continuación.....)	99
Cuadro XXV. Datos obtenidos para el análisis granulométrico de la harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara (continuación.....)	100
Cuadro XXV. Datos obtenidos para el análisis granulométrico de la harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara (continuación.....)	101

Cuadro XXV. Datos obtenidos para el análisis granulométrico de la harina de plátano verde ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) con cáscara (continuación...)	102
Cuadro XXVI. Datos obtenidos para la determinación de capacidad de absorción de agua y solubilidad en la harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara	103
Cuadro XXVII. Datos obtenidos para la determinación de hinchamiento en la harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara	104
Cuadro XXVIII. Datos obtenidos para la determinación de absorción de grasa en la harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara	104
Cuadro XXIX. Valores obtenidos de pH en los geles cárnicos formulados con harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara	105
Cuadro XXX. Datos obtenidos para la determinación del rendimiento de cocción y la capacidad de retención de agua en los geles cárnicos formulados con harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara	106
Cuadro XXX. Datos obtenidos para la determinación del rendimiento de cocción y la capacidad de retención de agua en los geles cárnicos formulados con harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara (continuación...)	107
Cuadro XXXI. Parámetros obtenidos para la determinación del color en los geles cárnicos formulados con harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara	107
Cuadro XXXI. Parámetros obtenidos para la determinación del color en los geles cárnicos formulados con harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara (continuación...)	108
Cuadro XXXII. Datos obtenidos para la determinación del perfil de textura en los geles cárnicos formulados con harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara	109
Cuadro XXXII. Datos obtenidos para la determinación del perfil de textura en los geles cárnicos formulados con harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara (continuación...)	110

Cuadro XXXII. Datos obtenidos para la determinación del perfil de textura en los geles cárnicos formulados con harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara (continuación...) .....	111
Cuadro XXXII. Datos obtenidos para la determinación del perfil de textura en los geles cárnicos formulados con harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara (continuación...) .....	112
Cuadro XXXIII. Análisis de varianza de los parámetros medidos en la caracterización físico-química de la harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara.....	113
Cuadro XXXIV. Análisis de varianza de las propiedades tecnológicas de la harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara .....	114
Cuadro XXXV. Análisis de varianza para el diseño irrestricto aleatorio de las propiedades de los geles cárnicos formulados con harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara (incluyendo el gel control y los 6 geles sustituidos) .....	115
Cuadro XXXVI. Análisis de varianza para el diseño factorial de las propiedades de los geles cárnicos formulados con harina de plátano ( <i>Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton</i> ) verde con cáscara (sin incluir el gel control) .....	116
Cuadro XXXVII. Potencia de prueba calculada para los parámetros con diferencias no significativas utilizando dos desviaciones estándar como diferencia mínima a detectar .....	117



## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

---

ABREVIATURA	NOMBRE
A	Adhesividad ( <i>Adhesiveness</i> )
a*	Parámetro de color entre el verde (-100) y el rojo (100)
A.C.	Antes de Cristo
ACORBAT	<i>Association Pour la Cooperation des Recherches et du Developpement Integral des Musaceaes</i>
AD	Almidón total
AGCC	Ácidos grasos de cadena corta
AGCL	Ácidos grasos de cadena larga
AGCM	Ácidos grasos de cadena media
ANDEVA	Análisis de varianza
AOAC	<i>Association of Official Analytical Chemists</i>
AR	Almidón resistente
ASTM	<i>American Society for Testing Materials</i>
AT	Almidón total
a <sub>w</sub>	Actividad de agua
b*	Parámetro de color entre el azul (-100) y el amarillo (100)
BCR	Banco de Costa Rica
C	Cohesividad ( <i>Cohesiveness</i> )
C	Intensidad de color
Ch	Masticabilidad ( <i>Chewiness</i> )
CIE	<i>Commission Internationale de l'Éclairage</i>
CIGA	Comisión Intersectorial de Guías alimentarias de Costa Rica
CORBANA	Corporación Bananera Nacional
CRA	Capacidad de retención de agua
CYTED	Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo
D.C.	Después de Cristo
DDM	Dihexadecilmalonato dialquil
DE	Equivalentes de dextrosa
EPG	Glicerol proxilados esterificados
F	Fracturabilidad ( <i>Fracturability</i> )

---

<b>ABREVIATURA</b>	<b>NOMBRE</b>
FAC	Capacidad de Absorción de grasa ( <i>Fat Adsorption Capacity</i> )
FD	Fibra dietética
FDT	Fibra dietética total
FOS	Fructooligosacáridos
G	Gomosidad ( <i>Gumminess</i> )
GRAS	Generalmente reconocido como seguro ( <i>Generally Recognized as Safe</i> )
H	Dureza ( <i>Hardness</i> )
°H	Ángulo de matiz
HDL	Colesterol de lipoproteína de alta densidad ( <i>High Density Lipoprotein Cholesterol</i> )
HF	Harina fina
HG	Harina gruesa
HM	Celulosas altamente metiladas ( <i>High methylated</i> )
L*	Luminosidad visual
LCT	Triglicéridos de cadena larga
LM	Celulosas débilmente metiladas ( <i>Low methylated</i> )
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MCT	Triglicéridos de cadena media
OHC	Capacidad de retención de grasa ( <i>Oil Holding Capacity</i> )
RTCA	Reglamento Técnico Centroamericano
S	Elasticidad ( <i>Springiness</i> )
S	Solubilidad ( <i>Solubility</i> )
SAG	Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras
SEPSA	Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial
SFE	Ésteres de sacarosa de ácidos grasos
SW	Hinchamiento ( <i>Swelling</i> )
TAC	Triacoxicitrato
TATCA	Triacoxitricarbalilato
T <sub>g</sub>	Transición vítrea
TGE	Triacoxiglicerol
TPA	Análisis de Perfil de Textura
SL	Lípidos estructurales
USA	Estados Unidos de América
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
WHC	Capacidad de absorción de agua ( <i>Water Holding Capacity</i> )

## RESUMEN

**Alejandra Morales Torres.**

**Evaluación del potencial tecnológico de una harina de plátano verde con cáscara de la variedad Curraré (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) como fuente de fibra y sustituto de grasa para productos cárnicos**

**TESIS Ingeniería de Alimentos. San José, Costa Rica.**

**A. Morales T., 2013.**

**137 p.: 17 il. – 136 refs.**

Se evaluaron las propiedades tecnológicas de una harina de plátano verde con cáscara de la variedad Curraré (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) como fuente de fibra y sustituto de grasa para productos cárnicos.

La harina de plátano verde con cáscara se obtuvo de un proceso que incluyó las operaciones de: limpieza, desinfección, troceado en cubos, secado por aire caliente a 70°C y molienda con dos tamaños de malla para obtener dos harinas: HG (68,87 % de la muestra presenta un diámetro de partícula promedio entre 0,0530 mm a 0,2105 mm) y HF (67,48 % de la muestra presenta un tamaño de partícula promedio igual o inferior a 0,0555 mm).

Para caracterizar la harina se determinó la composición proximal, el pH y los parámetros de color; para evaluar el efecto del tamaño de partícula sobre las propiedades tecnológicas de la harina se midió la capacidad de absorción de agua (WHC), solubilidad (S), hinchamiento (SW) y capacidad de absorción de grasa (FAC); y con el fin de evaluarla como ingrediente funcional para productos cárnicos se determinó los valores de pH, rendimiento de cocción, capacidad de retención de agua, textura (TPA) y color de modelos de emulsiones cárnicas con 2, 4 y 6 % de la harina correspondientes a una reducción del 10, 20 y 30 % del contenido de grasa en cada gel modelo.

Se encontraron diferencias significativas entre el tamaño de partículas de las harinas, HG y HF, respectivamente, en los contenidos de: humedad ( $2,85 \pm 0,07$  % –  $2,29 \pm 0,07$  %) y carbohidratos ( $91,7 \pm 0,03$  % –  $92,7 \pm 0,03$  %). No se encontraron diferencias significativas para los parámetros de proteínas, grasas, cenizas, almidón, pH, color, WHC, S, SW y FAC. Para los geles formulados, se

determinaron diferencias significativas en el rendimiento de cocción, capacidad de retención de agua, dureza, gomosidad, masticabilidad y color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  y  $H^\circ$ ); pero no en los valores de pH, adhesividad, elasticidad ni cohesión. El rendimiento de cocción aumentó con la adición de la harina.

El gel con 6 % de harina gruesa fue el más duro, gomoso y masticable. Con respecto al control, se determinó un descenso en los parámetros:  $L^*$ ,  $b^*$  y  $C^*$  al aumentar el grado de sustitución en las formulaciones; y se encontraron diferencias significativas para los parámetros:  $a^*$  y  $H^\circ$  entre el control y los geles 3 (6 % harina gruesa), 5 (4 % harina fina) y 6 (6 % harina fina), siendo el control el que presentó menores valores para los parámetros  $a^*$  y  $C^*$ .

La harina de plátano verde con cáscara, representa una fuente de almidón en la formulación de un producto cárnico y es una opción para sustituir grasa principalmente por su composición química y características tecnofuncionales. Bajo las condiciones analizadas en esta investigación, el factor más importante a considerar en el desarrollo de un producto cárnico es el porcentaje de sustitución, el uso de igual o inferior de un 4 % de harina fina, que representa un 20 % de disminución de grasa, es el recomendado a fin de disminuir el impacto sobre el color y la textura.

**M.G.A. Yorleny Araya Quesada, Directora de Proyecto**  
**Escuela de Tecnología de Alimentos**

## I. JUSTIFICACIÓN

El plátano (*Musa spp.*) es una fruta tropical que suele cultivarse con fines comerciales o de consumo humano en muchas partes del mundo. América Latina es la segunda región de mayor producción de plátanos en el mundo, en el año 2007 reportaba una producción anual de 8,5 millones de toneladas; siendo Colombia el mayor productor del área, seguido por Perú, Ecuador, Cuba, Bolivia, República Dominicana, Honduras, Haití, Guatemala, Venezuela, Costa Rica, Panamá, Nicaragua y las Islas Caribeñas. Sin embargo, Costa Rica para ese año, se mostraba como uno de los principales países exportadores para América y Europa (Barrantes, 2009).

En Costa Rica, el cultivo de plátano es una actividad que brinda posibilidades de diversificación con otras actividades productivas y se lleva a cabo en las regiones Huetar Atlántica, Huetar Norte y Brunca; principalmente en los distritos de Puerto Viejo y Horquetas en Sarapiquí, Buena Vista en Guatuso, La Fortuna y Florencia en San Carlos, Peñas Blancas de San Ramón y Aguas Claras en Upala (Araya, 2008). Sin embargo, es en la región del Caribe donde se encuentran localizadas las plantaciones plataneras destinadas a la exportación debido a las buenas condiciones de los suelos y el clima cálido, condiciones que convierten esta zona en una de las mejores áreas en todo Centroamérica para la producción de plátano (CORBANA, 2012).

El Censo Agrícola Regional realizado en 2007 registró un área de siembra de plátano entre 10 500 y 11 000 hectáreas de este cultivo, con una producción promedio de 10 toneladas / hectárea al año; de esta producción el 33 % se dedica al consumo nacional como fruta fresca, el 30 % en la agroindustria nacional y de exportación para elaborar chips y alimentos procesados, y el restante 37 % para el mercado de exportación como un producto fresco (Araya, 2008; Barrantes, 2009; MAG, 2007).

En las últimas décadas, el cultivo de plátano se ha convertido en una de las principales actividades agrícolas con peso en la economía nacional, debido principalmente al aumento de los precios al productor y la aparición de mercados estables como la exportación de la fruta fresca, la venta a nivel nacional a cadenas de supermercados, la agroindustria regional y la venta de fruta de rechazo a otros mercados (Araya, 2008; MAG, 2007; Smith & Velázquez, 2004). El cultivo básicamente es manejado por pequeños y medianos productores, con una tecnología variable,

dependiendo del tipo de mercado al cual se encuentre dirigido el producto (Araya, 2008; MAG, 2007).

La comercialización del plátano ha ido evolucionando desde el producto íntegro en racimo hasta el producto desmanado, clasificado por tamaño y grado de madurez con y sin cáscara (Restrepo, 2002). En los últimos años, organizaciones internacionales y nacionales de investigación agrícola han centrado sus esfuerzos en tecnologías para aumentar la producción, identificar mercados específicos e implementar estrategias para capturar un mayor valor agregado al producto (Bioversity International, 2007); esto ha provocado recientemente un incremento en el consumo de plátano procesado en diferentes presentaciones (Arcila, 2002).

El excedentes de frutos pueden ser aprovechados para alimentación humana en la elaboración de chips, cremas, panes, tortas, helados, batidos, mermeladas, purés, productos lácteos como los yogures, bebidas sazonadas y alcohólicas, alimentos infantiles, salsas, producción de harina como fuente de fibra dietética, en la extracción de almidones nativos y la obtención de almidones modificados, y alimentos concentrados para la alimentación animal (González & Pacheco-Delahaye, 2006; González *et al.*, 2009; Mazzeo *et al.*, 2010). Además, se utilizan dichas harinas y almidones para la elaboración de pastas alimenticias y productos de panificación (Mazzeo *et al.*, 2010).

El desarrollo de ingredientes nutraceuticos es un área importante en la industria de los alimentos y con respecto a esto, se han realizado algunas investigaciones con plátano debido a los beneficios que ofrece a la salud, debido a su contenido de fibra dietética total (FDT), almidón total (AT), almidón disponible (AD) y almidón resistente (AR) (Ciencia y Salud, 2012; González & Pacheco-Delahaye, 2006; Islas *et al.*, 2007); además de ser rico en vitamina B<sub>6</sub>, vitamina C, calcio, hierro, magnesio, potasio y fósforo (Hernández *et al.*, 2009; Molina, 2001). Restrepo (2002) sugiere el uso de residuos de plátano como una sustancia de relleno en alimentos debido a su capacidad retenedora de humedad, lo cual se considera una característica tecnológica deseable en la industria alimentaria ya que extiende el volumen de las formulaciones, abaratando costos de producción; mientras que González & Pacheco-Delahaye (2006) utilizan las propiedades de gelificación de la harina de plátano para elaborar geles de piña a partir de jugos clarificados.

La fibra dietética, en general, resiste la acción de las enzimas digestivas humanas y se encuentra en forma natural en las plantas como polisacáridos de la pared celular (celulosa, hemicelulosa, lignina y sustancias pécticas) y los componentes no estructurales (gomas y mucílagos), en donde su composición y comportamiento depende de la edad, especie y las características anatómicas de la planta (Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999.a). Las fibras dietéticas son clasificadas como solubles o insolubles, dependiendo de la disolución formada al mezclarla con agua; entre las fibras dietéticas solubles se incluyen materias pécticas, gommas, mucílagos y algunas hemicelulosas, mientras que la celulosa, otros tipos de hemicelulosa y la lignina se agrupan en el grupo de las fibras insolubles (Elleuch *et al.*, 2011). Además, algunos aditivos en la industria alimentaria son considerados como fuente de fibra como por ejemplo la celulosa y la pectina modificada, gommas comerciales y polisacáridos de algas (Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999.a).

Se han publicado numerosos estudios que proveen información acerca de los beneficios para la salud asociados con una mayor ingesta de fibra dietética. Diferentes autores mencionan los efectos tales como la reducción del riesgo de enfermedad coronaria, diabetes, obesidad, estreñimiento, enfermedad diverticular y la protección contra algunos tipos de cáncer como el de colon (Elleuch *et al.*, 2011; Fernández-Ginés *et al.*, 2004; Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999.a). Zha *et al.* (2009) aseguran que muchos de estos polisacáridos no amiláceos poseen propiedades antioxidantes al reducir el radical libre hidroxilo causante de la oxidación de iones quelantes y lípidos.

Asimismo, la fibra dietética puede cumplir funciones tecnológicas en los alimentos, como por ejemplo aumentar la capacidad de retención de agua y grasa, mejorar las propiedades emulsificantes y la formación de geles, así como la modificación de la textura, disminución de la sinéresis, mejora de la estabilidad de emulsión y aumento en la vida útil de los productos (Elleuch *et al.*, 2011; Tokusoglu & Kemal, 2003). Por todo lo anterior, Grigelmo-Miguel & Martín-Belloso (1999) y Kaack & Pedersen (2005) sugieren el uso de la fibra dietética como un ingrediente funcional en los productos alimenticios.

Las propiedades fisicoquímicas de las fibras pueden utilizarse en la industria alimentaria para aumentar la vida útil y mejorar las características sensoriales y reológicas de los alimentos; algunas materias primas ricas en fibra dietética pueden ser incorporadas en los productos alimenticios

para disminuir los costos de producción, utilizarlas como agentes reductores de grasa o azúcar, potenciadores de la retención de agua y grasa o para mejorar la emulsión y la estabilidad oxidativa. Sin embargo, el porcentaje de fibra que se puede añadir es finito, ya que puede causar cambios indeseables en la coloración y textura de los productos (Bortoluzzi, 2009; Bortoluzzi *et al.*, 2005; Elleuch *et al.*, 2011).

El estudio de la fibra dietética no debe limitarse al conocimiento de la cantidad de alimentos que la contienen o al porcentaje en la dieta, sino a sus aplicaciones en la industria alimentaria con la finalidad de brindar un aporte al organismo humano (López *et al.*, 1996), por lo cual se han realizado muchos estudios referentes a su uso en productos horneados, bebidas, confitería, lácteos, carnes, pastas y sopas (Bortoluzzi *et al.*, 2005; Elleuch *et al.*, 2011; Tokusoglu & Kemal, 2003).

Los modelos de emulsiones cárnicas o geles modelo son sistemas que se componen de los principales componentes del producto cárnico, en el que se sustituye una proporción de algún componente por algún ingrediente funcional, generalmente reemplazos de proteínas o grasas por gomas, inulina, maltodextrinas, almidones, olestra, fibra, entre otros (Codex Alimentarius, 1989; Tokusoglu & Kemal, 2003). El uso de geles modelo para estudiar el efecto de la harina sobre determinados productos permite definir su función en estos de una forma más económica ya que se utilizan solamente los componentes a menor escala.

Varias investigaciones sobre el uso de harinas y fibras dietéticas de distintas fuentes como la naranja (Bortoluzzi *et al.*, 2005), el coliflor (Femenia *et al.*, 1997), el melocotón (Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999.a), el salvado de avena (Chang & Carpenter, 1997), las papas (Kaack & Pedersen, 2005), el salvado de arroz (Choi *et al.*, 2011), los guisantes amarillos (Kaack & Pedersen, 2005), las alcachofas (López *et al.*, 1996), el albedo de limón (Fernández-Ginés *et al.*, 2004) y el trigo (Sánchez-Alonso *et al.*, 2007), entre otros alimentos; utilizan sustituciones desde 0,5 hasta 12 % en productos cárnicos para evaluar estos beneficios.

Debido a la relación entre el consumo de grasa y el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, se han modificado las recomendaciones dietéticas en la ingesta de grasa a menos del 30 % de la ingesta calórica total; el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) ha promovido



el consumo de productos cárnicos “bajos en grasa” con un contenido menor de 10 %. Para evitar cambios en las características sensoriales y químicas, y por lo tanto el rechazo del producto por parte del consumidor, se ha intentado sustituir la grasa por ingredientes no cárnicos o ligantes (Pinero *et al.*, 2008).

La sustitución con agua u otros aditivos no cárnicos puede ser una alternativa menos costosa para reducir la grasa y las calorías en alimentos cárnicos (Chang & Carpenter, 1997). En este tipo de productos, la fibra dietética podría adicionarse para reducir el contenido calórico sustituyendo la grasa y mejorando el rendimiento durante la cocción, la textura y la estabilidad del producto (Bortoluzzi *et al.*, 2005; Elleuch *et al.*, 2011; Tokusoglu & Kemal, 2003). Kaack & Pedersen (2005) indican una reducción en el porcentaje de energía por efecto de la grasa de 68 a 24 %, pasando de un embutido estándar a uno bajo en grasas y rico en fibra.

Dado que el plátano y su cáscara son fuentes ricas en polisacáridos de la fibra, el objetivo de este proyecto es evaluar el potencial tecnológico de una harina elaborada a partir de este producto para determinar la factibilidad de utilizarla como sustituto de grasa en productos cárnicos.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

Evaluar las propiedades tecnológicas de una harina de plátano verde con cáscara, de la variedad Curraré (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*), como fuente de fibra y sustituto de grasa para productos cárnicos.

### 2.2 Objetivos Específicos

1. Determinar el potencial de uso como fuente de fibra y sustituto de grasa para productos cárnicos, en base a la caracterización físico-química de la harina obtenida a partir de plátano verde con cáscara de la variedad Curraré (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*).
2. Evaluar el efecto del tamaño de partícula de la harina de plátano verde con cáscara de la variedad Curraré (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) sobre las propiedades tecnológicas: capacidad de absorción de agua (WHC), solubilidad (S), hinchamiento (SW) y capacidad de absorción de grasa (FAC), para su potencial uso como fuente de fibra y sustituto de grasa en productos cárnicos.
3. Evaluar la capacidad de retención de agua (WHC) y el efecto sobre el rendimiento de cocción, la textura y el color de modelos de emulsiones cárnicas, utilizando distintos grados de adición de harina de plátano verde con cáscara de la variedad Curraré (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) como un ingrediente funcional.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Generalidades del plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*)

##### 3.1.1 Origen e Historia

El plátano (*Musa spp.*) es un cultivo originario del suroeste de Asia o Asia Meridional, Indochina, Malasia y Filipinas (Hernández & Vit, 2009; Smith & Velásquez, 2004). Se han encontrado referencias escritas sobre su procedencia que datan de los años 600 - 500 A.C. en la India y 200 D.C. en China (Murillo & Pacheco, 1994).

Según algunos autores, cerca del año 500 D.C. se introdujo en África y alrededor del año 650 D.C. se propagó por el Mediterráneo hasta la Polinesia. A principios del siglo XV se llevó el cultivo desde África Occidental hasta las Islas Canarias, en el año de 1516 arribó a Santo Domingo (República Dominicana) y de allí al resto de América (Hernández & Vit, 2009; Murillo & Pacheco, 1994).

##### 3.1.2 Localización

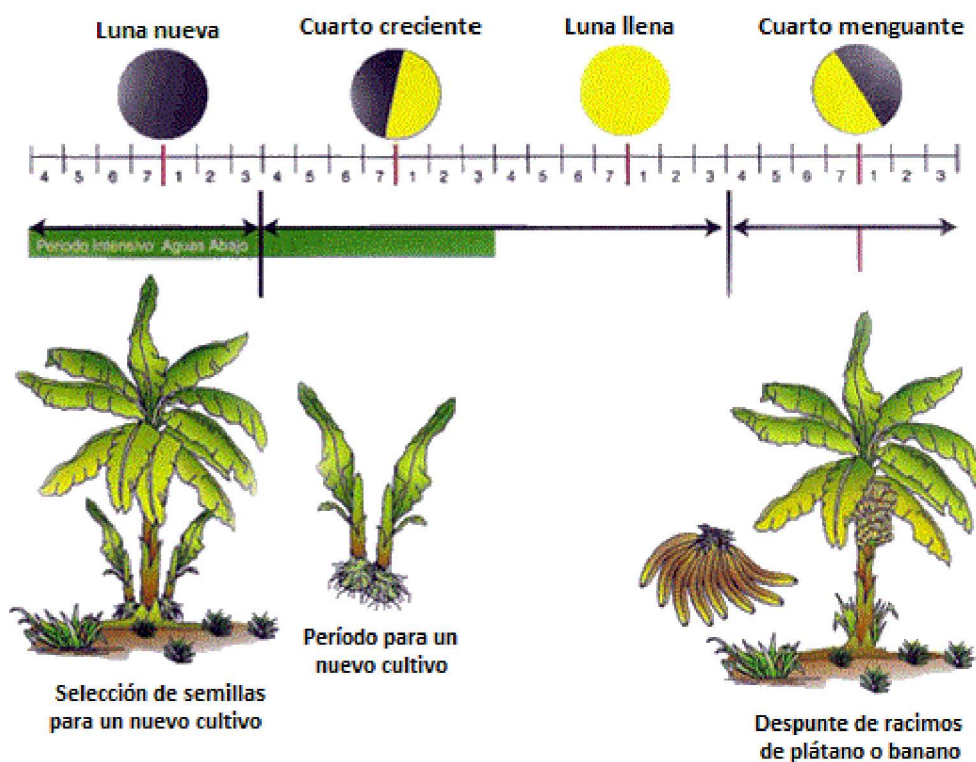
El cultivo de plátano se da en regiones localizadas a una altura entre el nivel del mar hasta los 1200 metros sobre el nivel del mar, aunque el ambiente óptimo puede alcanzarse hasta los 1500 msnm sin que se alargue el período vegetativo. La temperatura óptima para el cultivo se encuentra entre 20 – 30 °C, puesto que a una temperatura inferior el desarrollo fisiológico de la planta y el tiempo de fructificación se prolonga (Murillo & Pacheco, 1994).

El plátano debe sembrarse en zonas con una humedad relativa de 70 a 90 % y precipitaciones entre 1800 a 3000 mm, distribuidas a lo largo del año, debido a que requiere grandes cantidades de agua para su desarrollo. Sin embargo, el cultivo puede desarrollarse con precipitaciones entre 150 - 180 mm/mes, si estas son inferiores a dichos volúmenes, la planta deja de crecer e incluso pueden morir órganos expuestos (Murillo & Pacheco, 1994; SAG, s.f.).

El terreno recomendado para la siembra es el que posee una topografía plana o casi plana, una profundidad menor a 1,2 m, sin problemas internos de drenaje, alta fertilidad y un pH ideal entre

5,5 a 7,0. También, pueden utilizarse suelos aluviales para la zona de cultivo (Murillo & Pacheco, 1994).

En Costa Rica se cultiva plátano en las regiones: Huetar Atlántica, Huetar Norte, Brunca, entre otras zonas (SEPSA, 2011); principalmente en los distritos de Puerto Viejo y Horquetas en Sarapiquí, Buena Vista en Guatuso, La Fortuna y Florencia en San Carlos, Peñas Blancas de San Ramón y Aguas Claras en Upala (Araya, 2008); presentando un ciclo muy definido de siembra, desarrollo y cosecha (Figura 1).



**Figura 1. Ciclo de cultivo del plátano o banano**

Fuente: InfoAgro (2012)

### 3.1.3 Cultivo y Morfología

Este cultivo pertenece al género *Musa*; a la familia *Musaceae* y al orden de las zingiberáceas. Los biotipos cultivados se basan en los genomas AA para el grupo acuminata y BB para el grupo balbisiana; lo cual se reúne en los triploides AAA, AAB y ABB. Los plátanos AAB pertenecen al

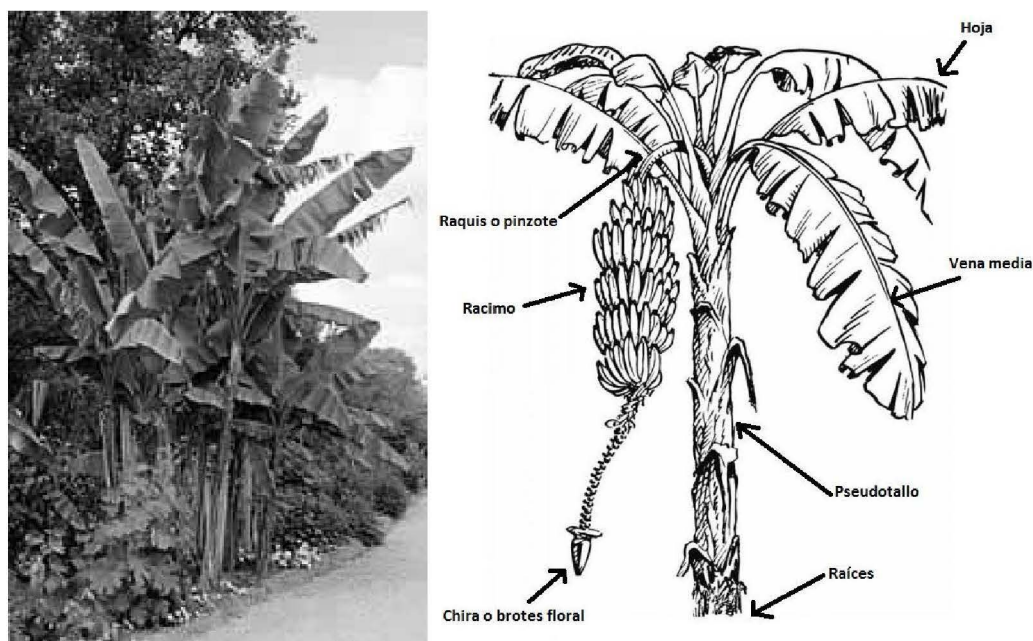
grupo paradisíaca, entre los cuales se encuentran el Dominicó (*French Plantain*), el Curraré (*Horn Plantain*) y el Liberal (Murillo & Pacheco, 1994; Smith & Velásquez, 2004).

Con respecto a la morfología, la planta de plátano está formada por el sistema radicular, rizoma o bulbo (pseudotallo), tallo, hojas, inflorescencia, flores y frutos; el fruto es una baya o “dedos” y el conjunto de estos se denomina “manos”. Las partes de la planta (Figura 2) principalmente son (Hernández & Vit, 2009; InfoAgro, 2012; Murillo & Pacheco, 1994):

- a. Sistema radicular: compuesto por raíces superficiales que se distribuyen en una capa de 30-40 cm, concentrándose la mayor parte de ellas en los 15 - 20 cm. Las raíces son de color blanco cuando están tiernas tornándose amarillentas en la madurez, con un diámetro que oscila entre 5 a 8 mm y con una longitud que puede alcanzar los 2,5 - 3,0 m en crecimiento lateral y hasta 1,5 m en profundidad.
- b. Rizoma o bulbo: es un tallo subterráneo con numerosos puntos de crecimiento llamados meristemas, los cuales dan origen a pseudotallos, raíces y yemas vegetativas.
- c. Tallo: el verdadero tallo es un rizoma grande, almidonoso, subterráneo, que está coronado con yemas, las cuales se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado.
- d. Hojas: se originan en el punto central de crecimiento o meristemo terminal, situado en la parte superior del rizoma, se forman en el interior del pseudotallo y emergen enrolladas en forma de cigarro. Son hojas grandes, verdes y dispuestas en forma de espiral, de 2 - 4 m de largo y hasta 1,5 m de ancho, con un peciolo de 1 m o más de longitud.
- e. Chira: de la corona de hojas sale, durante la floración, un escapo pubescente de 5 - 6 cm de diámetro, terminado por un racimo colgante de 1 - 2 m de largo. Éste lleva una veintena de brácteas ovales alargadas, agudas, de color rojo púrpura y cubiertas de un polvillo blanco harinoso. De las axilas de estas brácteas nacen a su vez las flores.
- f. Flores e Inflorescencia: cuando cada chupón del rizoma alcanza la madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo, esto hasta que emerge arriba del pseudotallo. Las flores son amarillentas, irregulares y con seis estambres, de los cuales uno es estéril. El

conjunto de la inflorescencia constituye el "régimen" de la platanera. Cada grupo de flores reunidas en cada bráctea forma una reunión de frutos llamada "mano", que contiene de 3 a 20 frutos. Un régimen no puede llevar más de 4 manos, excepto en las variedades muy fructíferas, que pueden contar con 12-14.

- g. **Fruto:** es una baya de forma alargada que durante su desarrollo se doblan, según el peso, geotrópicamente, brindándole la forma al racimo. Los plátanos son polimórficos, de colores que varían entre amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo y rojizo.



**Figura 2. Principales partes de la planta de plátano**

Fuente: InfoAgro (2012)

Las musáceas (banano y plátano) son muy susceptibles a diversas enfermedades fúngicas como la Sigatoka negra (causada por el hongo Ascomycete llamado *Mycosphaerella fijiensis*), el Mal de Panamá o "Veta Amarilla" (causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. Cubense) y el Ahogado del Plátano o "Punta de Cigarro" (causado por el hongo *Verticillium* o *Stachyllidium theobromae*); y plagas como Thrips (*Hercinothrips femoralis*) y la Cochinilla algodonosa (*Dysmicoccus alazon*) (SAG, s.f.). Entre ellas destaca la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) debido a que es la principal enfermedad que afecta a las plantaciones de musáceas en Costa Rica y el resto del

mundo. En las plantaciones de monocultivo, el impacto de la enfermedad es mayor y anualmente, el combate de la enfermedad absorbe a las empresas plataneras y bananeras del país el equivalente al 27 % del total de costos de producción de la fruta (Muñoz & Vargas, 2006).

### 3.1.4 Composición

En el Cuadro I se muestra el valor nutricional del plátano verde fresco por 100 gramos de sustancia comestible según Araya (2008), Aurore *et al.* (2008) e InfoAgro (2012).

**Cuadro I. Valor nutricional del plátano verde fresco por 100 g de sustancia comestible**

Componente	Valor nutricional		
	Araya (2008)	Aurore <i>et al.</i> (2008)	InfoAgro (2012)
Agua (g)	65,6	63	75,7
Carbohidratos	Fibras (g)	0,5	0,6
	Total (g)	32,3	22,2
Proteína (g)	1	0,8	1,1
Lípidos (g)	0,3	0,1	0,2
Cenizas (g)	0,8		--
	A (UI o ppm)	1,75 ppm	0,6 UI
Vitaminas	Ácido ascórbico (Vit. C) (mg)	20	10
	Ácido nicotínico (mg)	--	0,6
	Ácido pantoténico (mg)	--	0,37
	Niacina (mg)	0,6	0,7
	Piridoxina (Vit. B6) (mg)	--	0,32
	Riboflavina (Vit. B2) (mg)	0,04	0,05
	Tiamina, B1 (mg)	0,06p	0,05
Otros componentes orgánicos	Ácido málico (mg)	--	10
	Ácido cítrico (mg)	--	150
	Ácido oxálico (mg)		6,4
Sales minerales	Azufre (mg)		12
	Calcio (mg)	31	8
	Cloro (mg)		125
	Cobre (mg)		0,16
	Fósforo (mg)	34	28
	Hierro (mg)	0,8	0,7
	Magnesio (mg)		31
	Manganeso (mg)		0,64
	Potasio (mg)		420
	Sodio (mg)		1
	Zinc (mg)		0,1
	Calorías (kcal)	122	91

Fuentes: Araya (2008); Aurore *et al.* (2008); InfoAgro (2012)

El plátano es considerado como un alimento energético debido a su alto contenido de azúcares. Es un fruto con un alto contenido de humedad, fibra dietética, almidones, calcio, hierro, magnesio, potasio, fósforo y vitaminas A, B<sub>6</sub> y C (Hernández *et al.*, 2009; InfoAgro, 2012; Molina, 2001); además, es rico en taninos (lo cual le brinda una acción astringente) y presenta un bajo contenido de ácidos (Coa *et al.*, 2009). Someya *et al.* (2002) sugieren que se debe investigar más las propiedades funcionales de este cultivo, ya que el plátano presenta una alta capacidad antioxidante debido a la presencia de compuestos como vitaminas C, vitaminas E, β-carotenoides y flavonoides, entre estos últimos, las catequinas.

El plátano verde es rico en almidón, lo cual permite obtener harina y almidón de plátano, este último con rendimientos entre 63 a 71 %, valor similar al de almidones de papa (*Solanum tuberosum*), yuca (*Manihot esculenta*) y maíz (*Zea mays*). El contenido de azúcares totales aumenta considerablemente durante la maduración desde 1,3 hasta un 17,3 % (Hernández & Vit, 2009), por lo que variaciones en la cosecha de los plátanos podría implicar diferencias significativas en los contenidos de carbohidratos y por lo tanto es recomendable controlar el grado de madurez del cultivo.

### 3.1.5 Variedades y volúmenes de producción en Costa Rica

La producción de plátanos en Costa Rica es tanto parcelaria con características de subsistencia como comercial y de exportación. Según, la Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria, SEPSA (2011), en los últimos años se ha dado un aumento en el área de producción del plátano. En el Cuadro II se muestran algunos datos disponibles por el SEPSA para el periodo 2007-2010:

**Cuadro II. Comportamiento de la actividad platanera en Costa Rica de 2007 hasta 2010**

Año de cosecha	Área sembrada (ha)	Producción (TM)	Rendimiento (TM / ha)
2007	9 600	86 400	9,00
2008	6 500	85 176	13,10
2009	6 900	60 000	8,70
2010	10 000	90 000	9,00
Variación 2010/09 (%)	44,9	50,0	--
Participación 2010 (%)	2,06	2,1	--

Fuente: SEPSA (2011)



Luego del período 1998-2003, se perdió un área de cultivo de plátano de alrededor de 3 000 ha debido a inundaciones (Rojas & Solano, 2010; SEPSA, 2004). MAG (Rojas & Solano, 2010) y SEPSA (2011), indican que se recuperó el área de siembra paulatinamente hasta 10 000 ha de área sembrada con plátano (*Musa AAB*) en el país para el año 2010, pertenecientes a más de 3 500 familias de pequeños y medianos productores, de las cuales dependen directamente más de 7 000 empleos directos y 15 000 a 20 000 indirectos, que generan más de 15 millones de dólares USA, producto solo de exportaciones como fruta fresca. La producción promedio de plátano es de 400 cajas de 23,4 kg por ha por año, en el Cuadro III se describen las principales regiones productoras según MAG (Rojas & Solano, 2010) & SEPSA (2011):

**Cuadro III. Producción de plátano en las mayores áreas de producción para el año 2009**

Región	Área sembrada (ha)	Cajas producidas	Volumen de producción (kg/ha/año)
Caribe	3 000	1 200 000	28 080 000
Huetar Norte	1 900	760 000	17 784 000
Brunca	900	360 000	8 424 000
Resto del país	1 200	480 000	11 232 000
<b>Total</b>	<b>7 000</b>	<b>2 800 000</b>	<b>65 520 000</b>

Fuente: Rojas & Solano (2010); SEPSA (2011)

El volumen de plátano para abastecer la industria nacional es de un 30 % del volumen total de la producción nacional. Se estima que la producción actual se dedica un 45 % a la industria, un 45 % al consumo nacional y un 10 % a exportaciones; y para el año del 2009, las exportaciones promedio fueron de 2-3 contenedores (8 000 cajas de 23,4 kg) por semana como fruta fresca y 1 contenedor de plátano pelado al mercado de los Estados Unidos y la Unión Europea (Rojas & Solano, 2010).

Los principales países destino de las exportaciones del sector agrícola, de forma decreciente, para el periodo de 2007-2010 son Estados Unidos, Bélgica, Holanda, Reino Unido, Italia, Alemania, España, Portugal, Suecia, Rusia, Canadá, Turquía, Nicaragua, Panamá, Japón, Irlanda, Arabia Saudita, Brasil, Francia, Corea del Sur, Israel, Australia, entre otros países (SEPSA, 2011). En el Cuadro IV se muestran los valores exportados según el Banco Central de Costa Rica, publicados por SEPSA (2011).

**Cuadro IV. Exportaciones de plátano durante los años 2007 a 2010**

Año de cosecha	Volumen (TM)	Valor (miles de US\$)	Valor (¢)*	Precio (\$/TM)*
2007	31 333	13 503	6 842 645, 25	0,43095
2008	16 436	7 815	3 960 251, 25	0,47548
2009	2 934	1 318	667 896, 50	0,44922
2010	6 265	2 616	1 325 658, 00	0,41756
Variación 2010/09 (%)	113,5	98,5	--	--
Participación 2010 (%)	0,1	0,1	--	--

\* Venta: ¢506.7500/US\$; tipo de cambio del Banco de Costa Rica para el día 12 de febrero, 2013 (BCR, 2013)

Fuente: SEPSA (2011)

## 3.2 Sustitutos de Grasa

### 3.2.1 Generalidades

Debido a la relación existente entre la grasa de la dieta y el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y otros problemas para la salud, los consumidores han aumentado su preferencia por alimentos de “buen sabor”, “alto contenido nutricional” y con la “mínima o ninguna cantidad de grasa o calorías”. Sin embargo, varios alimentos formulados con sustitutos de la grasa no se comparan favorablemente con las propiedades sensoriales, nutricionales y económicas de los productos elaborados sin alguna reducción o sustitución del contenido de grasa, lo cual dificulta, para algunas personas, mantener un régimen dietético reducido en grasa o bien, satisfacer sus expectativas como consumidor. Por esto, la industria alimentaria busca constantemente “el sustituto de grasa ideal”, el cual supla las propiedades funcionales, sensoriales y nutricionales de la grasa convencional sin el impacto adverso para la salud (Akoh, 1998; Bileski & Mulinari, 1996; Kumar & Sharma, 2004; Sandrou & Arvanitoyannis, 2000).

En los alimentos, la grasa contribuye a la percepción combinada de boca - sabor - aroma/olor, succulencia, estabilidad del sabor y características reológicas como cremosidad, apariencia, textura y lubricidad de los alimentos. Además, la grasa aumenta la sensación de saciedad durante las comidas, actúa como un precursor para el desarrollo del sabor por reacciones de lipólisis y es un vehículo para nutrientes liposolubles y fármacos lipófilos. La grasa es fuente de vitaminas liposolubles (A, D, E, K), ácidos grasos esenciales, y precursores de las prostaglandinas; forma parte de las paredes celulares y sales biliares; y es necesaria para producir enzimas y hormonas como las

sexuales (Akoh, 1998; Brewer, 2012; Kaack & Pedersen, 2005; Kumar & Sharma, 2004; Ministerio de Salud, 1997; Tokusoglu & Kemal, 2003).

La grasa es la fuente más concentrada de energía en la dieta, proporcionando 9 kcal/g, comparado con 4 kcal/g para las proteínas y los carbohidratos (Akoh, 1998; Kumar & Sharma, 2004). Si el organismo recibe más grasa de la que necesita, esta se deposita debajo de la piel y alrededor de algunos órganos internos, y si esta situación se prolonga por un largo período de tiempo, puede contribuir, junto a otros factores de riesgo (como el fumado, alcoholismo, consumo excesivo de sal, sedentarismo, una alimentación no saludable, entre otros), a desarrollar enfermedades crónicas como obesidad, diabetes, hipertensión, apoplejía, problemas circulatorios y del corazón, aumento de colesterol en sangre y algunos tipos de cáncer, especialmente de colon, próstata y pecho (Akoh, 1998; Brewer, 2012; CIGA, 2010; Ministerio de Salud, 1997, Morel, 2000; Sandrou & Arvanitoyannis, 2000; Tokusoglu & Kemal, 2003).

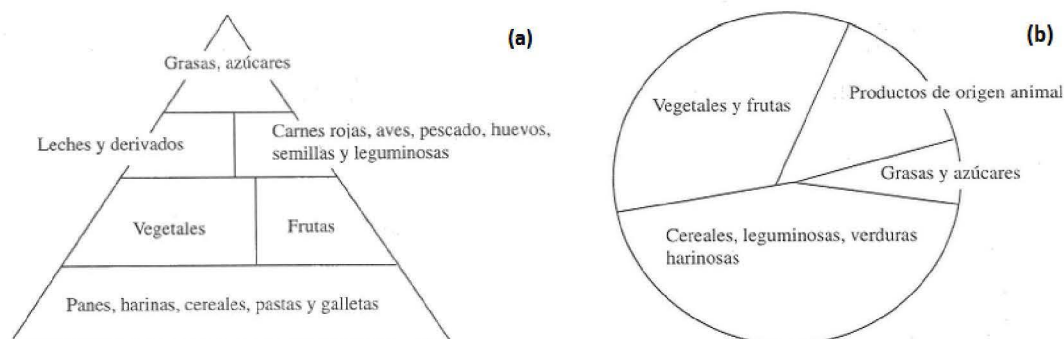
Estudios realizados en Costa Rica, señalan que las grasas aportan alrededor del 30 % de la energía total diaria, porcentaje que aumenta en la población adulta y en los niveles socioeconómicos altos; este consumo es superior al recomendado por las Guías Alimentarias para la población costarricense, el cual es de un máximo del 25 % (CIGA, 2010; Ministerio de Salud, 1997).

Otro factor que resulta preocupante es que el consumo de grasa saturada (ácidos grasos de cadena hidrogenada sin insaturaciones) en la alimentación del costarricense es mayor al recomendado, en comparación con la ingesta de grasa insaturada (ácidos grasos de cadena hidrogenada con insaturaciones). En Costa Rica, los principales alimentos que actúan como fuente de grasas saturadas son: la manteca vegetal, las carnes y los productos lácteos; aportando cerca del 50 % del total de grasa diaria consumida por la población; no obstante, estos alimentos aportan otros nutrientes al organismo como proteínas de alta calidad, calcio, fósforo, potasio, tiamina, entre otros nutrientes; por lo cual no se recomienda eliminarlos de la dieta, pero sí consumirlos con moderación (Belitz & Grosch, 1997; Ministerio de Salud, 1997).

Así, en las últimas décadas se han incentivado los estilos de vida saludable con el objetivo de lograr una reducción en el consumo de grasas. Además, los consumidores conscientes de su salud, presentan mayor interés por los alimentos nutritivos, sanos y naturales (Issa *et al.*, 2011) por lo

cual exigen información referente al contenido y las propiedades del alimento, con el fin de comparar y decidir entre los productos que representen un mayor beneficio para la salud (Sedó, 2002).

Debido a esto, para el año 2012, la USDA ha recomendado una reducción de la grasa en la dieta y ha ordenado que los alimentos para los programas, como el Programa Nacional de Almuerzos Escolares deben someterse a la reducción de grasa, esto con la finalidad de aumentar la conciencia en los consumidores y disminuir los índices de obesidad en la población infantil y adulta (Brewer, 2012) mediante la aplicación de la “pirámide nutricional” (Figura 3.a) (Sedó, 2002). Sin embargo, las regulaciones de la USDA no aplican para Costa Rica, por lo cual el gobierno, al igual que otros países como Guatemala (“olla de alimentos”), Inglaterra (“el círculo de alimentos”) y Canadá (“los grupos básicos”); ha creado el concepto del “plato diario” (Figura 3.b) mediante las Guías Alimentarias, el cual presenta las mismas proporciones de la “pirámide nutricional” difiriendo de la presentación y los tipos de alimentos incluidos(Sedó, 2002).



**Figura 3. Pirámide nutricional (clasificación utilizada en U.S.A.) (a) y Plato diario (clasificación utilizada en Guías Alimentarias en C.R.) (b)**

Fuente: Sedó (2002)

### **3.2.2 Utilización de sustitutos de grasa en productos cárnicos**

En los productos alimentarios la grasa puede ser sustituida mediante técnicas tradicionales como la sustitución por agua o aire, utilizando carnes magras en platos congelados, leche descremada en lugar de leche entera en postres congelados, y hornear en lugar de freír para la fabricación o preparación de productos de aperitivo. También, se pueden reformular los alimentos y sustituir la

grasa con otras sustancias que brinden propiedades físicas y sensoriales similares, como lo pueden ser algunas proteínas, carbohidratos, lípidos, entre otros (Akoh, 1998; Bileski & Mulinari, 1996); esto con las desventajas de disminución en la jugosidad y la palatabilidad, textura gomosa y seca, reducción de rendimiento, pérdida excesiva de líquidos por cocción, cambios en la sensación bucal y cambio de sabor (por la adición de sabores propios, la reducción del aroma original y/o la alteración debido a la liberación de compuestos de aroma) (Brewer, 2012; Chevance *et al.*, 2000; Kumar & Sharma, 2004; Sandrou & Arvanitoyannis, 2000).

Los términos y definiciones utilizados para describir los sustitutos de grasa varían entre los autores y son a menudo confusos y/o mal entendidos. Estas sustancias se asemejan químicamente a las grasas, proteínas o carbohidratos y generalmente se clasifican en dos grupos: sustitutos y miméticos de grasa (Akoh, 1998; Linden & Lorient, 1996; Sandrou & Arvanitoyannis, 2000).

Los sustitutos o equivalentes de materia grasa son macromoléculas que, física y químicamente, se asemejan a los triglicéridos (grasas convencionales y aceites) y, teóricamente, pueden sustituir la grasa en los alimentos en una relación uno-a-uno (gramo a gramo en base seca) como grasa. En su mayoría, son estables a temperaturas de cocción y fritura, poseen todas las características y propiedades de la grasa con la diferencia de presentar una baja biodisponibilidad y por tanto, un reducido valor calórico (Akoh, 1998; Linden & Lorient, 1996).

Por otro lado, los miméticos o reemplazadores de materia grasa son sustancias que imitan las propiedades sensoriales o físicas de los triglicéridos, pero que no pueden sustituir la grasa en una relación uno-a-uno (gramo a gramo en base seca) y entre ellos se pueden considerar los almidones y las celulosas. Estas sustancias tienen un valor calórico de 0 a 4 kcal/g, adsorben una cantidad sustancial de agua por lo cual el sabor es más agradable en emulsiones acuosas en comparación a las lipídicas, y son adecuados para la cocción y el tratamiento en autoclave, con la desventaja de ser inadecuados para freír porque se unen de forma excesiva al agua y de tener una baja calidad sensorial debido a que se desnaturalizan o caramelizan a altas temperaturas (Akoh, 1998; Linden & Lorient, 1996).

En general, los sustitutos de grasa deben presentar cualidades como (Linden & Lorient, 1996):

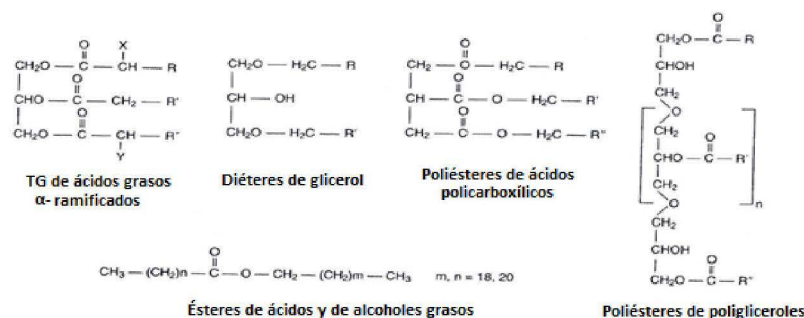
- a. No ser tóxicos ni acarrear efectos secundarios al consumidor.

- b. Proveer menos calorías metabolizables.
- c. Poseer propiedades físico-químicas parecidas y reológicas muy similares a la grasa que se desea reemplazar.
- d. Conferir cualidades sensoriales similares a las de la grasa.

Los principales sustitutos de grasa se clasifican dependiendo de su estructura química en tres categorías: de naturaleza lipídica, de naturaleza glucídica y de naturaleza proteica (Brewer, 2012).

### 3.2.2.1 Sustitutos de naturaleza lipídica

Estas moléculas presentan la característica principal de tener una digestibilidad reducida debido a las modificaciones estructurales como esterificación con carbohidratos, alquilglicósidos o polioles, lo que disminuye la accesibilidad a las lipasas (Sandrou & Arvanitoyannis, 2000). En la Figura 4 se muestran las diferencias estructurales entre los principales tipos de lípidos modificados.



**Figura 4. Estructuras de algunos sustitutos de materia grasa de naturaleza lipídica**

Fuente: Linden & Lorient (1996)

Estos sustitutos presentan una gran diversidad en cuanto a propiedades tecnológicas: emulsificantes, funcionalidad tensoactiva, estabilizadores, lubricantes, estabilidad al calor, agentes antiapelmazantes, agentes anticoagulantes y antimicrobianos; y nutricionales: ser no-calóricos o levemente calóricos debido a una baja o ninguna absorción del metabolismo por las lipasas digestivas, beneficios para las personas con alto riesgo de enfermedad cardíaca coronaria, obesas y a pacientes con cáncer de colon, pérdida de peso y disminución de los niveles de colesterol en sangre sin intervenir en las concentraciones séricas de lipoproteína de colesterol de alta densidad (HDL).

Sin embargo, algunos pueden causar efectos gastrointestinales como calambres abdominales y heces de ablandamiento o desprendimiento, e inhibición en la absorción de nutrientes de vitaminas liposolubles o carotenoides (Akoh, 1998; Linden & Lorient, 1996; Sandrou & Arvanitoyannis, 2000). Los principales sustitutos de naturaleza lipídica se muestran en la Figura 5.



**Figura 5. Principales sustitutos de materia grasa de naturaleza lipídica**

Fuente: Akoh (1998); Linden & Lorient (1996); Sandrou & Arvanitoyannis (2000)

### 3.2.2.2 Sustitutos de naturaleza glucídica

Estos sustitutos se obtienen de productos vegetales con alto contenido de azúcares, como el maíz, los tubérculos, las cáscaras de muchos cítricos, entre otros; o bien, por polimerización de la glucosa con un tratamiento térmico en presencia de un catalizador como ácido cítrico y un plastificante como sorbitol. Los carbohidratos se utilizan para sustituir parcial o totalmente la grasa; los azúcares digeribles, como los almidones modificados y las dextrinas proporcionan entre

4 a 16 kcal/g, mientras que los no digeribles proporcionan muy pocas calorías (Linden & Lorient, 1996).

Estos polímeros, generalmente, se utilizan como espesantes o agentes gelificantes, estabilizadores de emulsiones, retenedores de agua, ligantes y formadores de complejos con las proteínas. Las gomas, almidones, pectinas y celulosas fijan agua, estabilizan, proporcionan textura y brindan sensación en la boca y opacidad; los jarabes de maíz altos en fructosa se utilizan como sustitutos de la grasa y para controlar la actividad de agua (aw); polioles tales como sorbitol y maltitol así como fructooligosacáridos pueden ser usados para controlar el aw. Los sustitutos de naturaleza glucídica no son adecuados para freír, pero pueden utilizarse como barreras de grasa para freír y para hornear (Akoh, 1998; Sandrou & Arvanitoyannis, 2000). Los principales sustitutos de naturaleza glucídica se muestran en la Figura 6.



**Figura 6. Principales sustitutos de materia grasa de naturaleza glucídica**

Fuente: Akoh (1998); Brewer (2012); Kumar & Sharma (2004); Sandrou & Arvanitoyannis (2000); Smith (2001); Soto (2010); Tapia (2005)

### 3.2.2.3 Sustitutos de naturaleza proteica

Estos sustitutos están compuestos por partículas proteicas no agregadas de pequeño tamaño dispersadas en una fase acuosa, que imitan las propiedades sensoriales de las emulsiones de aceite en agua y en productos cárnicos se utilizan principalmente para mejorar las características



estructurales, sensoriales y de textura. Estos sustitutos se derivan de una gran variedad de fuentes de proteínas, en las fuentes de origen animal se incluye el huevo, la leche y la gelatina; mientras que entre las de origen vegetal se encuentra principalmente la proteína de soya debido a que aumenta la capacidad de retención de agua, la formación de la emulsión, el valor nutricional y el rendimiento (Akoh, 1998; Brewer, 2012; Chevance *et al.*, 2000; Issa *et al.*, 2011; Linden & Lorient, 1996; Sandrou & Arvanitoyannis, 2000).

En los alimentos, existe un umbral de percepción de alrededor de los 3  $\mu\text{m}$ , por debajo del cual las partículas no son percibidas individualmente sino como un fluido continuo similar a una emulsión de materia grasa. Si un alimento sobrepasa este umbral, se categoriza como un producto polvoriento o granuloso. El tamaño de las partículas en los alimentos juega un papel significativo en propiedades sensoriales y reológicas, por lo cual, algunos de estos miméticos de grasa son microparticulados, es decir, son sometidos a un proceso de micronización mediante un tratamiento térmico moderado con una agitación continua, con la finalidad de formar partículas microscópicas, redondas, coaguladas y deformables que imiten la sensación en la boca y textura de la grasa, entre ellas la cremosidad y untabilidad. Algunos otros, son procesados para modificar otros aspectos de funcionalidad, tales como la fijación del agua y propiedades de emulsificación (Akoh, 1998; Linden & Lorient, 1996).

Al utilizar estos sustitutos con agua, el valor calórico oscila entre 6 a 15 kJ/g. Además, su aplicación en la industria alimentaria es limitada debido a dos razones principales: primero, estos sustitutos, al igual que las materias primas de las cuales provienen, presentan potencial alergénico, como es el caso de las proteínas de la leche y el huevo; y segundo, no se pueden utilizar en alimentos que reciban una operación de acidificación o un tratamiento térmico superior a los 60°C debido a que sufren reacciones de desnaturalización (Brewer, 2012; Linden & Lorient, 1996). La desnaturalización altera las capacidades de textura, gelificación y absorción de agua, especialmente de las proteínas de origen vegetal de fuentes como: la soya, el trigo, los guisantes y el maní o el cacahuete (Brewer, 2012).

#### **3.2.2.4 Sustitutos de naturaleza no convencional**

Este grupo de sustitutos no tradicionales son miméticos o reemplazadores de materia grasa, es decir, sustitutos resultantes de una mezcla de varios componentes tales como agua, minerales,

carbohidratos, grasa y proteínas; y no de un único componente o molécula, como lo es el caso del resto de sustitutos de origen lipídico, glucídico y proteico. En los últimos años, se ha dado la tendencia en los consumidores por preferir suplementos naturales, por temor a que los ingredientes sintéticos puedan ser fuente de toxicidad, además, esperan obtener efectos beneficiosos, nutritivos y protectores para el organismo (Elleuch *et al.*, 2011; Sandrou y Arvanitoyannis, 2000).

El potencial como sustitutos de grasa de estas matrices, se determina evaluando propiedades funcionales o tecnológicas como la capacidad de retención de agua, absorción de grasa, solubilidad e hinchamiento; esto aunado a las propiedades sensoriales y reológicas que generan en los alimentos en los cuales se realice la sustitución. En esta categoría se incluyen los concentrados de fibra dietética, las harinas y los purés.

#### **3.2.2.4.1 Concentrados de fibras dietéticas**

La fibra dietética es una mezcla de polímeros de carbohidratos presentes en las plantas, entre ellos oligosacáridos y polisacáridos como celulosa, hemicelulosa, pectina, gomas,  $\beta$ -glucanos, almidón resistente, rafinosa, estaquiosa, mucílagos, inulina, que puede estar asociada con la lignina y otros componentes de naturaleza no sacárida como polifenoles, ceras, saponinas, fitatos, aceites esenciales, cutina y proteínas resistentes. Sin embargo, existen definiciones más amplias que incluyen fibras de origen animal como el quitosano y polímeros de hidratos de carbono no digeribles modificados o sintéticos (grado de polimerización P3), por ejemplo la polidextrosa, los galactooligosacáridos, la oligofructosa y los fructo-oligosacáridos (Elleuch *et al.*, 2011).

Tapia (2005) cita la definición más exacta desarrollada por la American Association of Cereal Chemists (AACC):

*“La FD es la parte comestible de vegetales y carbohidratos análogos, que son resistentes a la absorción y digestión en el intestino delgado humano, con una parcial o completa fermentación en el intestino grueso... incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas de los vegetales. La fibra dietética promueve efectos fisiológicos benéficos al ser humano tales como: poder laxativo, disminución del colesterol en la sangre, disminución de la glucosa sanguínea, entre otros.”*

Los componentes solubles e insolubles de la fibra dietética se comportan de manera diferente, dependiendo de si se hidratan, se hinchan o son atacados por las enzimas; tal comportamiento se refleja en su estructura y características físicas (López *et al.*, 1996). La fibra dietética evade la hidrólisis, digestión y absorción en el intestino delgado, lo cual provoca un aumento del volumen fecal, estimula la fermentación en el colon, reduce la glucemia post-prandial (disminuye la respuesta a la insulina) y reduce los niveles de colesterol pre-prandial (Elleuch *et al.*, 2011; Fernández-Ginés *et al.*, 2004; Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999.a; Sánchez-Alonso *et al.*, 2007).

Además, la fibra dietética aumenta la biodisponibilidad de la vitamina B<sub>12</sub> y reduce el riesgo de enfermedad cardíaca coronaria, diabetes, los niveles de lípidos en sangre, el colesterol HDL, estreñimiento, obesidad y algunas formas de cáncer como el de colon. También puede impartir algunas propiedades funcionales en los alimentos como: aumento de la capacidad de retención de agua y aceite, mejora de la emulsión y/o la formación de gel, modificación de la textura, impedimento de la sinéresis (separación del líquido de un gel causada por contracción), aumento de la estabilidad oxidativa de los productos ricos en grasas y de las emulsiones, y aumento de la vida útil (Brewer, 2012; Bortoluzzi *et al.*, 2005; Elleuch *et al.*, 2011; Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999.a; Issa *et al.*, 2011; Sánchez-Alonso *et al.*, 2007).

La capacidad de hidratación o la retención de agua de la fibra dietética está relacionada con la estructura físico-química de los polisacáridos que contiene como lo son la porosidad, granulometría, forma iónica, pH, temperatura y el tipo de iones en solución; mientras que la capacidad de retención de grasa está directamente asociada a las propiedades de la superficie de las partículas, la densidad de carga general y a la naturaleza hidrofílica de los constituyentes (Elleuch *et al.*, 2011).

Además, algunos tipos de fibra presentan atributos adicionales que las hacen atractivas para su inclusión en los productos cárnicos como la fibra del salvado de arroz que tiene propiedades antioxidantes y puede retrasar la oxidación lipídica (Brewer, 2012) y la fibra de naranja, que muestra una disminución en los niveles de residuos de nitritos y un aumento en el número de *Micrococcus* (Issa *et al.*, 2011). En el Cuadro V se presentan las principales fuentes de fibra dietética.

**Cuadro V. Contenido de fibra dietética total (FDT) obtenida de diferentes fuentes**

Fuente	Contenido (%)	Fuente	Contenido (%)
Achiote <sup>16</sup>	18,6	Guayaba <sup>16</sup>	64,1
Alcachofa <sup>14</sup>	44,85	Guisantes <sup>16</sup>	33,1
Algas Arame <sup>5</sup>	74,6	Judías Azuki <sup>16</sup>	47,1
Algas Nori <sup>5</sup>	34,7	"Leaf sheathes from King palm" <sup>3,5</sup>	70,85
Anona <sup>16</sup>	17,4	Lentejas <sup>13</sup>	23,0
Arándano azul <sup>16</sup>	38,6	Macadamias <sup>16</sup>	28,9
Arvejas <sup>13</sup>	17,4-23,5	Maíz <sup>4</sup>	27,9
Avena <sup>19</sup>	33,0	Mamey <sup>12</sup>	4,50
Ayote tierno <sup>16</sup>	21,3	Mango <sup>16</sup>	18,5
Banano <sup>15</sup>	0,32	Melón <sup>16</sup>	17,6
Berenjena <sup>16</sup>	24,9	Nabo chino <sup>16</sup>	27,1
Berro <sup>16</sup>	22,7	Naranja <sup>2</sup>	45,59
Betabel <sup>4</sup>	22,6	Nopal <sup>4,20</sup>	3,5-12,3
Brócoli <sup>12,16</sup>	3,01-23,2	Orito ( <i>Musa acuminata C</i> ) <sup>16</sup>	5,9
Carambola <sup>16</sup>	26,7	Orujo de manzana <sup>5,8</sup>	78,2-89,8
Caraotas <sup>13</sup>	23,0-28,9	Paico ( <i>Chenopodium ambrosioides</i> ) <sup>16</sup>	8,6
Cáscara de lima <sup>17</sup>	66,7-70,4	Pepinillo <sup>16</sup>	13,4
Cáscara de limón <sup>5,8</sup>	60,1-68,3	Pepino <sup>16</sup>	10,8
Cáscara de naranja <sup>5,8</sup>	64,3	Plátano <sup>16</sup>	4,5
Cáscara de toronja <sup>5,8</sup>	44,2-62,6	"Quinchonchos" <sup>13</sup>	24,1
Cebolla paitena <sup>16</sup>	8,9	Rábano rojo <sup>16</sup>	19,5
Chayote <sup>12</sup>	1,89	Repollo morado <sup>16</sup>	29,6
Chile verde <sup>16</sup>	22,7	Repollo verde <sup>4,19</sup>	8,9-19,8
Concentrado de FD <sup>5,6</sup>	88,0-92,4	Salvado de arroz <sup>1,5</sup>	27,04
Espinaca <sup>16</sup>	17,3	"Sesame coat" <sup>5,7</sup>	31,64 -42,00
FD de concentrado de mango <sup>5,18</sup>	28,05	Salvado de trigo <sup>5</sup>	44,46
FD de concentrado de melocotón <sup>11</sup>	30,7	Salvado de maíz <sup>5</sup>	87,86
FD de concentrado de naranja <sup>10</sup>	36,9	Subproductos de espárragos <sup>5,9</sup>	62-77
Frijoles blancos <sup>13</sup>	20,0	Tomate de árbol <sup>16</sup>	18,6
Frijoles rojos <sup>13</sup>	23,7	Uvilla ( <i>Physalis peruviana</i> ) <sup>16</sup>	44,3
Garbanzos <sup>13</sup>	13,6	Zanahoria <sup>4</sup>	10,5
Guanábana <sup>16</sup>	21,2	Zapallo castellano <sup>16</sup>	27,3

Fuentes: <sup>1</sup> Abdul-Hamid & Luan (2000); <sup>2</sup> Bortoluzzi *et al.* (2005); <sup>3</sup> De Simas *et al.* (2010); <sup>4</sup> Duque *et al.* (1998); <sup>5</sup> Elleuch *et al.* (2011); <sup>6</sup> Elleuch *et al.* (2008); <sup>7</sup> Elleuch *et al.* (2007); <sup>8</sup> Figuerola *et al.* (2005); <sup>9</sup> Fuentes-Alventosa *et al.* (2009); <sup>10</sup> Grigelmo-Miguel & Martina-Belloso (1999); <sup>11</sup> Grigelmo-Miguel *et al.* (1999.b); <sup>12</sup> Hernández & Gallardo (1998); <sup>13</sup> Herrera *et al.* (1998); <sup>14</sup> López *et al.* (1996); <sup>15</sup> Rodríguez *et al.* (1998); <sup>16</sup> Ruales & Zumba (1998); <sup>17</sup> Ubando-Rivera *et al.* (2005); <sup>18</sup> Vergara-Valencia *et al.* (2007); <sup>19</sup> Zambrano & Gallardo (1998); <sup>20</sup> Zambrano *et al.* (1998).

Como se ejemplificó anteriormente, las fuentes principales de fibra dietética son componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa, lignina y sustancias pécticas) y componentes no estructurales (gomas y mucílagos), así como aditivos industriales (celulosa modificada, pectina modificada, gommas comerciales y polisacáridos de algas); la composición y el comportamiento de

la FD dependerán de la edad, especie y las características anatómicas de la materia vegetal (Fernández-Ginés *et al.*, 2004; Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999.a). Los cereales son la principal fuente de celulosa, lignina y hemicelulosa, mientras que las frutas y las verduras son las principales fuentes de pectina, gomas y mucílagos, por lo cual estas son las principales materias primas para extraer fibra dietética (Elleuch *et al.*, 2011).

#### **3.2.2.4.2 Purés**

Entre los sustitutos de grasa no convencionales se encuentran los purés de frutas, principalmente los elaborados a partir de pasas, ciruelas y manzana. Lo anterior es comprensible debido a que su composición incluye: pectina y otras fibras alimentarias, sorbitol, oligosacáridos y azúcares reductores, que ayudan a la retención de agua y mejoran la textura. Además, aportan vitaminas, minerales y pigmentos como carotenoides; y componentes no funcionales que influyen principalmente en el color, aroma, acidez o dulzor del producto final; esto sin aumentar el costo de elaboración (Kuntz, 1996; USDA, 2004; Villalobos, 2008).

En los últimos años, se ha intentado encontrar otros purés vegetal que aporten esta gama de componentes (pectinas y otros polisacáridos) y que por tanto puedan ser aptos como sustitutos naturales de grasa, como lo es el caso de los purés de papaya (Cubero, 2013; Villalobos, 2008) y chayote (Cubero, 2013; Jiménez, 2008).

#### **3.2.2.4.3 Harinas**

Las harinas de residuos alimentarios como cáscaras, salvado, orujo y de productos que no cumplen con las especificaciones para comercializarse en fresco o subproductos pueden ser consideradas como un valioso ingrediente para la fabricación industrial de alimentos bajos en grasa o como aportadores de fibra. Esto debido a que su composición es alta en fibra dietética soluble e insoluble y/o en proteínas que brindan a los alimentos propiedades funcionales y nutricionales (Femenia *et al.*, 1997). Las harinas se han estudiado ampliamente como posibles sustitutos de la grasa, debido a su capacidad para unirse y retener agua, aumentar el rendimiento y disminuir el encogimiento; sin embargo, a menudo añaden sabores no deseados en el producto, inestabilidad de la emulsión, interiores suaves y superficies gomosas (Brewer, 2012; Kaack & Pedersen, 2005). En el Cuadro VI se resumen las propiedades de algunas de las harinas que se han investigado.

**Cuadro VI. Harinas extraídas de diferentes fuentes utilizadas como ingredientes funcionales en productos cárnicos**

<b>Fuente</b>	<b>Alimento</b>	<b>Propiedades funcionales/reológicas/sensoriales/nutricionales</b>
Cebada <sup>1</sup>	Carne molida	Aumenta el rendimiento de cocción y la retención de agua, y brinda elasticidad, cohesividad, gomosidad y dureza.
Garbanzo <sup>1</sup>	Carne molida	Varia el aroma y sabor, pérdida de jugosidad y reduce la pérdida por cocción.
Germen de trigo <sup>1</sup>	Carne molida	Aumenta el rendimiento, jugosidad y ternura, y disminuye las pérdidas de cocción y la capacidad de absorción de agua.
Guisantes amarillos con cáscara <sup>3</sup>	Embutidos	Incrementa la capacidad de absorción de grasa, cambia la textura (dureza, cohesión y gomosidad), reduce el riesgo de obesidad, enfermedades cardiovasculares, enfermedades cardíacas coronarias, cáncer de colon y otros trastornos graves.
Haba "Blackeye" <sup>1</sup>	Carne molida	Aumenta la retención de agua y grasa, el rendimiento de cocción y la dureza.
Konjac (Ñame elefante) <sup>1</sup>	Carne molida	Actúa como agente gelificante, espesante, estabilizador, emulsionante y formador de película; soluble en agua y contiene la fibra dietética de mayor peso molecular. Aumenta la capacidad de absorción de agua.
Maní <sup>1</sup>	Carne molida	Aporta las propiedades típicas de la fibra dietética
Papa <sup>3</sup>	Embutidos	Incrementa la capacidad de absorción de grasa, cambia la textura (dureza, cohesión y gomosidad), reduce el riesgo de obesidad, enfermedades cardiovasculares, enfermedades cardíacas coronarias, cáncer de colon y otros trastornos graves.
Salvado de avena <sup>2</sup>	Salchichas	Aumenta la absorción de agua y reduce el colesterol.
Sorgo <sup>1</sup>	Carne molida	Aumenta el aroma, sabor y jugosidad; y reduce la pérdida total de cocción y la contracción de diámetro.
Soya <sup>1</sup>	Carne molida	Mejora la emulsión.

Fuentes: <sup>1</sup> Brewer (2012); <sup>2</sup> Hung-Chia & Carpenter (1997); <sup>3</sup> Kaack & Pedersen (2005).

#### **3.2.2.4.4 Suero lácteo**

El suero de leche es un desecho muy común en la industria láctea que puede ser utilizado en productos cárnicos para mejorar sus propiedades funcionales y nutricionales (Issa *et al.*, 2011). El concentrado de proteína de suero separado de la leche entera puede funcionar como un sustituto de la grasa debido a que tiene estructuras químicas muy diferentes de las grasas, con regiones tanto hidrófilas como hidrófobas que facilita su asociación con grasas, proteínas y agua (Brewer, 2012).

Las proteínas del suero provocan una disminución de la elasticidad, cohesión y contracción; y una mejoría en la formación de la emulsión, la capacidad de absorción de agua, el rendimiento de

cocción, el color, la retención del sabor, absorción de grasa, la masticabilidad y la fragilidad de los productos cárnicos; y una inhibición en la oxidación de lípidos debido a la capacidad de unión de la lactoferrina en el concentrado de proteína de suero impide que el  $\text{Fe}^{3+}$  actúe como un catalizador para la oxidación de lípidos (Brewer, 2012; Issa *et al.*, 2011).

El suero contiene nutrientes que elevan la calidad de los productos cárnicos formulados, como lo son: calcio (induce la gelificación de suero pre-calentado), tripolifosfatos y lactosa (pueden mejorar la jugosidad y aceptabilidad global de los productos de bajo contenido graso). Además, presenta un contenido de entre 34 – 80 % de proteína, lo que permite mantener la retención de agua y la capacidad de gelificación en un pH más bajo de 6,0 (Brewer, 2012). Además, Brewer (2012) cita que se han investigado beneficios resultantes de la adición de proteínas del suero de la leche en conjunción con otros ingredientes como almidón de maíz (2:1), aceite de canola (25 %) y levadura, lo cual, aunado con las propiedades tecnológicas del suero lácteo, provoca un ahorro de costos en los ingredientes de 10 a 20 % en productos cárnicos de bajo contenido graso.

### **3.3 Propiedades Tecnológicas de la Fibra**

Las propiedades tecnofuncionales resultan hoy en día variables fundamentales en la formulación, elaboración y diseño de nuevos alimentos; ya que en muchos casos permiten la conservación y/o el mejoramiento de propiedades nutricionales, sensoriales y reológicas en los productos. Estas propiedades dependen directamente de la estructura de la fibra (porosidad, área interfacial y naturaleza), de las conformaciones de las moléculas al interactuar y del estado de asociación entre ellas. Además son dependientes de la composición del medio (agua, presencia de otras moléculas, pH y fuerza iónica) y los tratamientos físicos o químicos que puedan modificar el medio (concentración, secado, tratamientos mecánicos, entre otros) (Femenia *et al.*, 1997; Linden & Lorient, 1996). En el Cuadro VII se muestra la relación entre las propiedades funcionales y sensoriales importantes de considerar en el desarrollo de productos.

**Cuadro VII. Relación entre las propiedades funcionales y sensoriales de la fibra**

Propiedades funcionales		Propiedades sensoriales	Funcionalidad fisiológica
Absorción	Retención de aromas	Aroma	--
	Retención de lípidos		
	Absorción de agua		Laxante
Entre fases	Esponjamiento	Sabor	--
	Emulsificación		
	Retención de agua		Reducción de la glucosa en sangre
Hidratación	Solubilidad	Reología	Reducción del riesgo de enfermedades crónicas (enfermedad coronaria del corazón, obesidad, diabetes, entre otros)
	Hinchamiento		Reducción de colesterol en la sangre
	Viscosidad		
	Porosidad		
Textura	Agregación	Tacto	
	Gelificación	Reología	
	Coagulación		--
	Elasticidad		
	Microestructura (celular)	Auditivas	

Modificado de: Elleuch *et al.* (2011); Linden & Lorient (1996)

Las propiedades funcionales están relacionadas principalmente con:

- ***Área interfacial de las partículas:*** una mayor área permite una mejor exposición de los grupos polares y los grupos amida de los enlaces peptídicos, lo cual genera un aumento de las interacciones entre las proteínas y otros compuestos.
- ***Número de lugares de fijación y porosidad de las partículas:*** el número y el tamaño de los poros de la matriz proteica determinan el área y velocidad de absorción total, entre mayor sea el número y el tamaño, mayor será la velocidad con la que se retiene agua.
- ***Presión osmótica:*** creada por la presencia de solutos en la matriz que se comportan como una membrana semipermeable.
- ***Fuerzas de capilaridad:*** debidas a la organización de las moléculas de los solutos, la cual depende del tamaño de partícula de los componentes.



- **pH:** interviene en el estado protonado y desprotonado de los grupos  $\text{OH}^-$  pertenecientes a los carbohidratos que conforman la fibra dietética.
- **Temperatura:** la temperatura influye en las propiedades reológicas de las fibras, ya que interviene en procesos de disolución, gelatinización, estabilidad, entre otros.

Entre las propiedades funcionales más importantes en los alimentos se pueden incluir la capacidad de retención de agua, la solubilidad, la absorción de agua o hinchamiento.

### **3.3.1 Capacidad de Retención de Agua (WHC)**

Las propiedades de un constituyente macromolecular dependen de las interacciones que presente con las moléculas de agua y a su vez de la estructura conformacional que genere. Estas interacciones se forman debido a la presencia de grupos ionizables capaces de disolverse o polares no cargados que establecen puentes de hidrógeno con el agua y es lo que define principalmente la capacidad de absorción y retención de agua (Linden & Lorient, 1996). En alimentos, el concepto de “absorción de agua” se refiere a polvos como las harinas, mientras que “retención de agua” se utiliza para geles como por ejemplo los embutidos (Kocher & Foegeding, 1997). Se utiliza el término “absorción” ya que se hace referencia al paso del agua al interior de la estructura y no del término “adsorción”, el cual se refiere solo a la adherencia del agua a una superficie (Brown *et al.*, 2004).

Así, la capacidad de retención de agua se define como la cantidad de agua que es retenida por 1 g de materia seca en condiciones específicas de temperatura, tiempo y duración/velocidad de centrifugación. Sustancias con alta WHC se pueden utilizar como ingredientes funcionales para evitar sinéresis y modificar la viscosidad y la textura de algunos alimentos formulados (Elleuch *et al.*, 2011).

### **3.3.2 Solubilidad**

Cuando se habla de solubilidad, generalmente se hace referencia a la solvatación de una sustancia en agua, en este caso, la solubilidad de determinado sustituto de grasa en agua. La naturaleza soluble e insoluble de las sustancias implica diferencias en su funcionalidad tecnológica y en los efectos fisiológicos. Componentes como: celulosas, hemicelulosas, pectinas, gomas, ligninas,

entre otras; se caracterizan por su capacidad para aumentar la viscosidad y reducir la respuesta de glicemia y colesterol en el plasma sanguíneo, mientras que sustancias como fibras insolubles se caracterizan por su porosidad, su baja densidad y por su capacidad para aumentar el volumen fecal y disminuir el tránsito intestinal. Además, estas diferencias de solubilidad se ven reflejadas en la capacidad de formar geles y/o actuar como emulsionantes (Elleuch *et al.*, 2011).

### **3.3.3 Hinchamiento (SW)**

El hinchamiento puede ser evaluado por la técnica de volumen de lecho, que consiste en el reposo del material seco en una matriz acuosa durante un tiempo determinado, en un cilindro volumétrico para evaluar el aumento de volumen del material en estudio. Al igual que las anteriores propiedades de hidratación (capacidad de retención de agua y solubilidad), el hinchamiento está asociado con factores como la estructura química, porosidad, tamaño de partícula, forma iónica, pH, temperatura, fuerza iónica, tipo de iones en solución y tensión superficial (Elleuch *et al.*, 2011).

### **3.3.4 Capacidad de absorción de grasa (FAC)**

La capacidad de absorción (FAC) o retención (OHC) de grasa es la cantidad de aceite retenido por una materia seca después de la incubación de la mezcla durante 24 horas y su posterior centrifugación. La absorción de aceite se relaciona principalmente con las propiedades superficiales de las partículas, la densidad de carga en general y a la naturaleza hidrófila de los constituyentes. Sustancias con alta FAC permiten la estabilización de productos alimenticios con alto contenido de grasa y de emulsionantes (Elleuch *et al.*, 2011).

### **3.3.5 Estabilidad emulsionante**

La estabilidad de la emulsión se define como la aptitud de la emulsión para mantener su estructura a través del tiempo y se puede evaluar de forma indirecta al determinar la cantidad de aceite o agua separada después de un tratamiento de desestabilización como la centrifugación o un tratamiento térmico (Linden & Lorient, 1996).

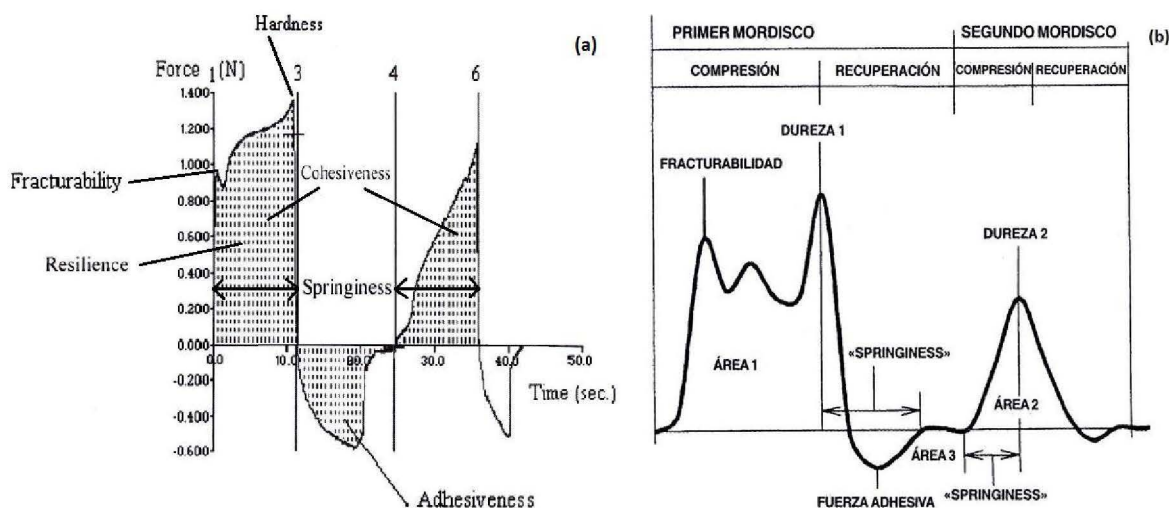
### 3.3.6 Textura

La textura es un factor importante en la calidad sensorial y reológica de los alimentos y está definida en función de los atributos mecánicos, geométricos y superficiales de un producto percibidos por los sentidos (tacto, vista y oído) en el proceso de masticación: antes (tamaño de partícula, grasa), durante (suavidad, jugosidad) y después de masticar (residuo fibroso, recubrimiento de la boca) (Brewer, 2012; Costell *et al.*, 1997; Rosenthal, 2001). Durante la masticación se rompe el alimento y a su vez se transmite información desde receptores de la boca al cerebro, el cual es responsable de dar una impresión general de textura, producto de una serie de características físico-químicas como lo son el tamaño y forma del alimento, tamaño de partícula, contenido de grasa y estructura y propiedades mecánicas del alimento (Lewis, 1993).

El análisis de perfil de textura (TPA) es un análisis imitativo creado por “General Foods” en los años 60, es muy utilizado en la industria alimentaria (Rosenthal, 2001) y se obtiene gráficamente de la fuerza aplicada en función del desplazamiento implicando dos o más ciclos de compresión de una muestra entre dos superficies paralelas (Figura 7.b) (Ibarz *et al.*, 2000). Rosenthal (2001) y Stable Micro Systems (2003) definen los cinco parámetros medidos y los dos calculados mediante el TPA de forma física y gráfica (Figura 7.a), respectivamente.

- ☞ Dureza ( $H = hardness$ ): “es la fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares” y “es la fuerza máxima durante el primer ciclo de compresión (primer bocado)”.
- ☞ Fracturabilidad/Fragilidad ( $F = fracturability$ ): “es la fuerza a la cual el material se fractura” y “es la fuerza en el primer descanso significativo en la curva TPA”.
- ☞ Elasticidad ( $S = springiness$ ): “es la extensión a la que un alimento comprimido retorna a su tamaño original cuando se retira la fuerza” y “está relacionada con la altura a la que el alimento se recupera durante el tiempo que transcurre entre el final de la primera mordida y el inicio de la segunda”.
- ☞ Cohesividad ( $C = cohesiveness$ ): “es la fuerza que los enlaces internos hacen sobre el alimento” y “es la relación entre el área de fuerza positiva de la segunda compresión y la primera compresión”.

- ❏ **Adhesividad ( $A = adhesiveness$ ):** “es el trabajo requerido para retirar el alimento de la superficie” y “es el área de fuerza negativa para el primer bocado y representa el trabajo necesario para superar las fuerzas de atracción entre la superficie de un alimento y la superficie de otros materiales con los que el alimento entra en contacto”.
- ❏ **Gomosidad ( $G = gumminess$ ):** “es la energía requerida para desintegrar un alimento semisólido de modo que esté listo para ser tragado” y “es una característica de los alimentos semisólidos con un bajo grado de dureza y un alto grado de cohesión, y se define como el producto de dureza x cohesividad”.
- ❏ **Masticabilidad ( $Ch = chewiness$ ):** “es la energía requerida para masticar un alimento sólido hasta que esté listo para ser tragado” y “se mide en términos de la energía requerida para masticar un alimento sólido y se define como el producto de gomosidad x elasticidad, o bien, dureza x cohesividad x elasticidad”.



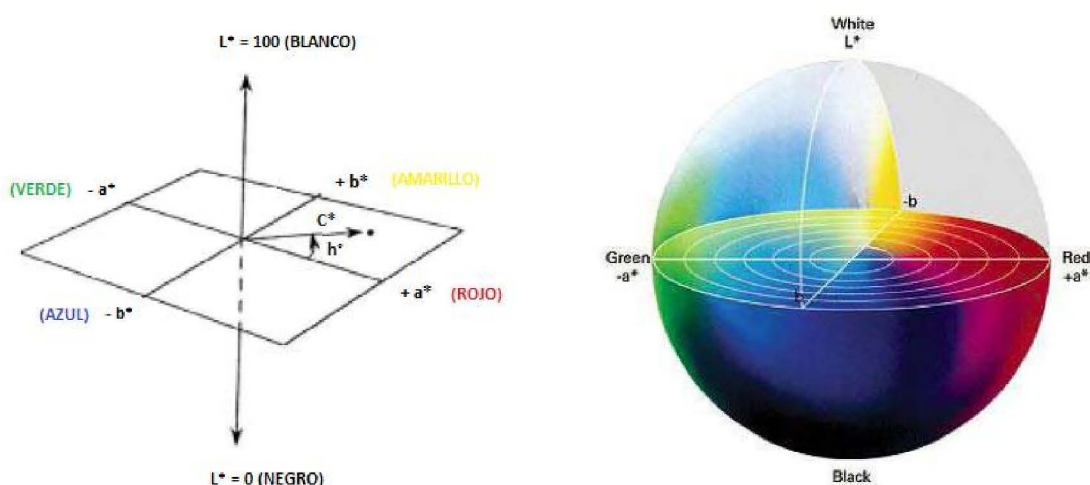
**Figura 7. Curva de análisis de perfil de textura (a) y fuerzas implicadas durante el TPA (b)**

Fuentes: a: Stable Micro Systems (2003); b: Ibarz *et al.* (2000)

### 3.3.7 Color

Percibimos el mundo en el que vivimos por nuestros cinco sentidos: vista, oído, tacto, gusto y olfato, de los cuales el sentido de la visión suele ser el utilizado por primera vez en la detección de eventos y objetos que nos rodean en el mundo visual. La visión es un proceso complejo que

finaliza en la interpretación por nuestro cerebro, por lo cual puede llegar a ser subjetivo sensorialmente con respecto a variables como: brillo, luminosidad, tono, saturación, intensidad y colorido. Por esta razón se usa el sistema CIE (Commission Internationale de l'Éclairage), el cual transforma el espectro de transmisión de un objeto en un espacio de color tridimensional y uniforme de dimensiones: X, Y, y Z definidas como las coordenadas cromáticas:  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  (MacDougall, 2002) como se muestra en la Figura 8.



**Figura 8. Plano de cromaticidad del sistema CIELAB**

Fuente: MacDougall (2002)

En alimentos, se utiliza el sistema CIELAB que implica los parámetros  $L^*$  (luminosidad visual),  $a^*$  (coordenada cromática de rojo a verde) y  $b^*$  (coordenada cromática de amarillo a azul), con un espectro del iluminante D65 que imita la luz diurna e incluye una componente ultravioleta y un observador estándar de  $10^\circ$ , excepto para objetos muy pequeños, esto con el fin de replicar de la mejor manera el color que percibe el ojo humano. Los parámetros  $L^*$ ,  $C^*$  y  $H^\circ$  son los más importantes en la explicación del comportamiento de los colores en el tiempo (MacDougall, 2002).

La luminosidad ( $L^*$ ) es la cantidad de luz que el estímulo parece emitir, la saturación o intensidad de color ( $C^*$ ) representa la distancia vectorial desde el centro del color espacial hasta el color medido y el ángulo de matiz ( $H^\circ$ ) es una medida del tono y se calcula como el ángulo entre  $0$  y  $360^\circ$  que se genera en el eje horizontal al unir por línea un punto localizado en el espacio de color con el origen (Cordero, 2010).

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

$$H^\circ = \arctan(b^*/a^*) \quad (2)$$

## 3.4 Geles de emulsiones cárnicas

### 3.4.1 Generalidades

Los modelos de emulsiones cárnicas o geles modelo son sistemas que se componen de los principales componentes del producto cárnico. Esta técnica se utiliza para sustituir una proporción de algún componente por algún ingrediente funcional, generalmente reemplazos de proteínas o grasas en menores volúmenes (Tokusoglu & Kemal, 2003) y evaluar propiedades funcionales como la capacidad para ligar o retener agua en una matriz más sencilla (Kocher & Foegeding, 1993).

El uso de geles modelo permite realizar investigaciones de una forma más económica, ya que se utiliza solamente los componentes de la formulación a menor escala. Esta metodología ha sido utilizada por una gran variedad de investigadores para evaluar propiedades tecnológicas de sustancias como la  $\kappa$ -carragenina, la albúmina de huevo y la transglutaminasa (Pietrasik, 2003); y el efecto como ingrediente funcional de materias primas como la fibra de salvado de arroz (Choi *et al.*, 2011), la fibra de coliflor (Femenia *et al.*, 1997), la fibra de naranja (Bortoluzzi *et al.*, 2005), las algas comestibles (Cofrades *et al.*, 2008; López-López *et al.*, 2009), entre otras.

### 3.4.2 Ingredientes

Generalmente, los componentes que se utilizan en las formulaciones de los geles modelo presentan una característica determinante en la formación de la emulsión cárnica y es por esto que no pueden discriminarse de la formulación como es el caso de algunos rellenos cárnicos como aislados, concentrados o texturizados proteicos de soya, almidones, caseinatos, albúmina, proteínas del suero, azúcar, carrageninas, eritorbato de sodio, sal de cura, especias, entre otros.

Algunos de estos extensores cárnicos se utilizan para mejorar la retención de agua y grasa durante la cocción de los productos cárnicos con una menor sinéresis y liberación de agua durante el almacenamiento, optimizando su consistencia y aspecto, de manera que no solo disminuyen los

costos de producción (Güemes 2007; Lausten, 2007; Tovar, 2003) sino que permiten obtener rendimientos mayores, sin sacrificar significativamente el valor nutricional y las características sensoriales del producto (Andujar *et al.*, 2009; Larissa, 2006). Es importante mencionar que, pese a que la adición de estos extensores cárnicos aportan al producto proteínas de alto valor biológico como lo es la soya, no resulta de igual forma con el valor nutricional, ya que no se pueden comparar en su totalidad con las proteínas y nutrientes aportados por la carne (Larissa, 2006).

En el caso de la sal de cura, si bien es cierto que su utilización en productos cárnicos es casi indispensable debido a que inhibe la flora de deterioro y patógenos como *Clostridium botulinum*, así como también proporciona color, sabor y aroma característicos de estos productos (Amerling, 2001); su utilización en los geles modelo es innecesaria debido a que es un producto que no representa un riesgo para la salud al no ser producido para consumo, además, su uso puede enmascarar cambios en el color, interfiriendo en los posteriores análisis. Los principales componentes que se utilizan en la elaboración de los geles modelo son (Cubero *et al.*, 2002; Larissa, 2005):

- ❖ Carne: es el componente más importante en los geles ya que aporta proteínas miofibrilares, las cuales son de alto valor nutricional y son responsables de definir la suspensión y la dispersión coloidal. Dependiendo de la calidad de la proteína, mejor es la capacidad de retención de agua, el pH y el color, este último debido a la mioglobina presente en la carne.
- ❖ Agua: favorece la hidratación de otros componentes hidrosolubles como la sal común y los fosfatos, ingredientes que forman la emulsión cárnica.
- ❖ Aceite/Grasa: contribuye a la formación de la pasta cárnica de los geles modelo; además, aporta aroma y sabor al producto final.
- ❖ Sal (NaCl): genera mayor espacio para que el agua sea retenida y solubiliza las proteínas cárnicas al incrementar la fuerza iónica en el gel modelo. La sal, además de aportar sabor al producto cárnico, aumenta su conservación debido a que controla el crecimiento de microorganismos, principalmente de *Pseudomonas spp.*, ya que estas son sensibles a la sal y son las principales causantes de deterioro en este tipo de alimentos.

- ❖ Fosfatos: ayudan a mantener la jugosidad debido a que evitan la pérdida de fluidos al favorecer un pH alcalino del medio, con lo cual se tendrán mayoritariamente cargas negativas en las proteínas, causando a su vez la repulsión electrostática; y, por otro lado, por poseer una acción secuestrante de los iones de calcio y magnesio del tejido, lo cual favorece la disociación del complejo actomiosina presente en la carne.



## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Localización del proyecto**

El proyecto se realizó en las instalaciones de la Universidad de Costa Rica, ubicada en San Pedro de Montes de Oca, en la provincia de San José. El proceso para obtener la harina de plátano verde se llevó a cabo en la Planta Piloto del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA); mientras que el análisis proximal y la evaluación de las propiedades tecnológicas se realizaron en los laboratorios de química de la Escuela de Tecnología de Alimentos y el CITA.

### **4.2 Materia Prima**

Se utilizó plátano verde con cáscara de la variedad Curraré (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) cultivar CEMSA  $\frac{3}{4}$  de 7 semanas de desarrollo fisiológico, ya que a esta edad presenta un grosor óptimo para el procesamiento (Barrantes, 2009). Se elaboraron 3 lotes de harina de plátano los días: 26 de enero (Lote 1), 25 de abril (Lote 2) y 7 de junio (Lote 3) del 2012; cada lote fue procesado de 1 a 2 días luego de su cosecha.

La materia prima se adquirió de la finca de CORBANA ubicada en el cantón de Matina de Limón, gracias al aporte del Proyecto 735-A7-114: “Alternativas agroindustriales para las musáceas no tradicionales”, dirigido por el Ing. Wilfredo Flores del Valle e inscrito en la Vicerrectoría de Investigación de la UCR.

### **4.3 Proceso de elaboración de la harina de plátano verde con cáscaras**

La elaboración de la harina de plátano se llevó a cabo de acuerdo al diagrama de flujo que se muestra en la Figura 9. Las operaciones aplicadas se describen a continuación:

#### **4.3.1 Desmanado**

Los plátanos de cada racimo, se separaron de los pinzones manualmente utilizando cuchillos de acero inoxidable para eliminar la materia orgánica que no resulta de interés.

#### **4.3.2 Lavado**

Se realizó un lavado de las cáscaras de plátano con agua a temperatura ambiente por aspersión y abrasión con esponjas. Mediante esta operación se eliminó por arrastre materia orgánica y restos de sustancias extrañas que pudiera contener la materia prima (Brennan & Burgos, 1998; Fellows, 1994).

#### **4.3.3 Desinfección**

Para reducir la carga microbiana en las cáscaras del plátano, se aplicó una desinfección por inmersión utilizando una disolución de ácido peracético a 80 mg/kg de concentración durante 5 minutos.

#### **4.3.4 Troceado**

Se eliminaron las puntas con cuchillos de acero inoxidable y los plátanos, desinfectados y escurridos, se cortaron en tercios. Seguidamente, se trocearon (Allen-Bradley, Hobart) en cubos con un tamaño de 1 cm de arista aproximadamente para facilitar las posteriores operaciones de secado y molienda.

#### **4.3.5 Secado**

Los trozos de plátano se procesaron en un secador de aire caliente (The National Drying Machine Co., TY2-48397) a una temperatura de 70°C (Pacheco-Delahaye & Testa, 2005) a una velocidad de aire de 5,4 m/s con recirculación de aire en la cámara de secado hasta alcanzar una humedad entre 2 a 3 %.

#### **4.3.6 Molienda**

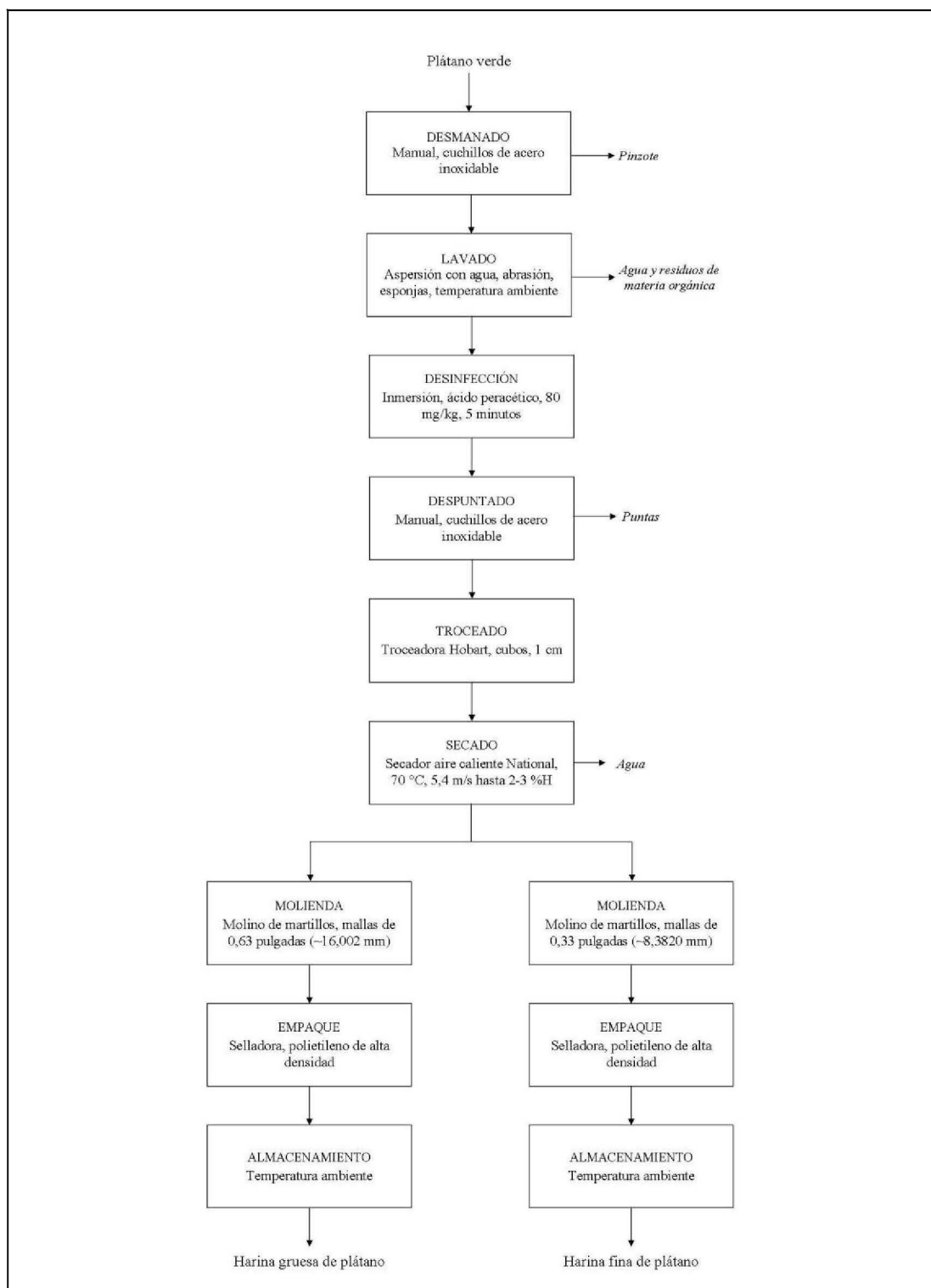
Luego del secado con aire caliente, se utilizó un molino de martillos (Tainea S.A., TEW 21) con dos mallas de tamaño diferente: 0,33 pulgadas (~8,3820 mm) y 0,63 pulgadas (~16,002 mm), para obtener dos distintos tamaños de partícula.

#### **4.3.7 Empaque**

Las muestras de harina de plátano se empacaron en bolsas de polietileno de alta densidad, ya que este material resulta ser una barrera adecuada contra la humedad.

#### **4.3.8 Almacenamiento**

El producto se almacenó sellado a temperatura ambiente hasta el momento de su análisis, por un máximo de 3 meses.



**Figura 9. Diagrama de flujo para la elaboración de ambas harinas de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

## **4.4 Caracterización de la harina de plátano verde con cáscara**

### **4.4.1 Composición proximal**

A ambas harinas obtenidas se les determinaron los contenidos de humedad, ceniza, grasa, proteína, almidón, fibra cruda y carbohidratos por diferencia; además de los valores de pH y los parámetros de color.

Para evaluar la composición físico-química de la harina de plátano verde con cáscaras se analizaron tres lotes distintos (3 repeticiones) y para cada uno se tomaron mediciones por triplicado (3 réplicas), los resultados se reportaron como el promedio entre los valores obtenidos con su respectiva desviación estándar (Kirk *et al.*, 2009).

Los datos se analizaron mediante una prueba t-student para determinar si existían diferencias significativas entre las dos harinas con tamaño de partícula diferente. En caso de los parámetros en los cuales no se detectó diferencias significativas, se calculó la potencia de prueba para el análisis estadístico utilizando dos desviaciones estándar como la diferencia mínima a detectar.

### **4.4.2 Determinación del tamaño de partícula**

Con el fin de caracterizar las dos harinas obtenidas se les determinó el tamaño promedio de partícula por medio de un análisis de tamizado. Se eligió para cada muestra una serie de 7 tamices de forma tal que el primer tamiz no retuvo nada del producto, el segundo sí retuvo y el plato retuvo menos del 1 % de la muestra.

La caracterización granulométrica se realizó a los dos tipos de harina utilizando tres lotes de producto (3 repeticiones) por triplicado (3 réplicas).

Los valores obtenidos durante el tamizado se evaluaron a través de una distribución de frecuencias para reportar un rango de tamaño de partícula para el 60 al 70 % del total de la muestra. Esta determinación resulta de interés para caracterizar la harina y evaluar el efecto del tamaño de partícula sobre las propiedades tecnológicas de la misma.

#### **4.5 Evaluación de las propiedades tecnológicas de la harina de plátano verde con cáscara**

Entre las propiedades tecnológicas que se evaluaron se encuentran la capacidad de absorción de agua (WHC), solubilidad (S), hinchamiento (SW) y capacidad de absorción de grasa (FAC). Las tres primeras propiedades se midieron hidratando la harina con un buffer de fosfatos de 1,0 mol/L con un pH de 6,3 con la finalidad de representar las condiciones de los productos cárnicos (Femenia *et al.*, 1997).

Los análisis se realizaron a tres lotes de producto y cada uno de ellos se midió por triplicado. Los valores obtenidos se reportaron como un promedio junto a la desviación estándar de los datos.

El análisis estadístico consistió en un diseño irrestricto aleatorio a dos niveles (dos tamaños de apertura), los valores obtenidos se analizaron mediante una prueba de t-Student a un nivel de confianza del 95 % y para los parámetros en los cuales no se detectaron diferencias significativas, se calculó la potencia de prueba utilizando dos desviaciones estándar como la diferencia mínima a detectar para el análisis estadístico.

#### **4.6 Evaluación de las propiedades de la harina de plátano en modelos de emulsiones cárnicas**

Con la finalidad de evaluar la aplicación de la harina de plátano con cáscara sobre productos alimenticios se utilizaron modelos de emulsiones cárnicas, los cuales se elaboraron según el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 10. Las operaciones aplicadas se describen a continuación:

##### **4.6.1 Corte**

Se separó con cuchillos de acero inoxidable la piel, los huesos y la grasa superficial de pechugas de pollo previamente refrigeradas, con la finalidad de que estos residuos no interfirieran en la cantidad de grasa y en la medición de textura de los geles cárnicos formulados (Choi *et al.*, 2011).

#### **4.6.2 Picado**

La pechuga de pollo sin piel, desgrasada y deshuesada se picó en un procesador de alimentos (Hobart, Keith & Ramírez) durante 1 minuto a una temperatura de 4 °C (Choi *et al.*, 2011).

#### **4.6.3 Mezclado**

La carne de pollo molida se mezcló en un procesador de alimentos (Black & Decker, HC300 Handy Chopper Plus<sup>TM</sup>) con el resto de los ingredientes que se detallan en el Cuadro VIII durante 1 minuto a 4 °C. Además, se adicionó harina de plátano en caso de que el gel tuviera algún grado de sustitución (Cuadro VIII) (Choi *et al.*, 2011).

#### **4.6.4 Centrifugado**

Posteriormente, la pasta obtenida se transfirió a tubos de centrifuga de 50 mL, se taparon y se centrifugaron (Labnet, HERMLE Z300) a 2 500 rpm durante 1 minuto para eliminar las burbujas de aire (Choi *et al.*, 2011).

#### **4.6.5 Calentamiento**

Los geles se llevaron a una temperatura de 20 °C durante 10 minutos en un baño de agua para estabilizar la mezcla (Choi *et al.*, 2011).

#### **4.6.6 Cocción**

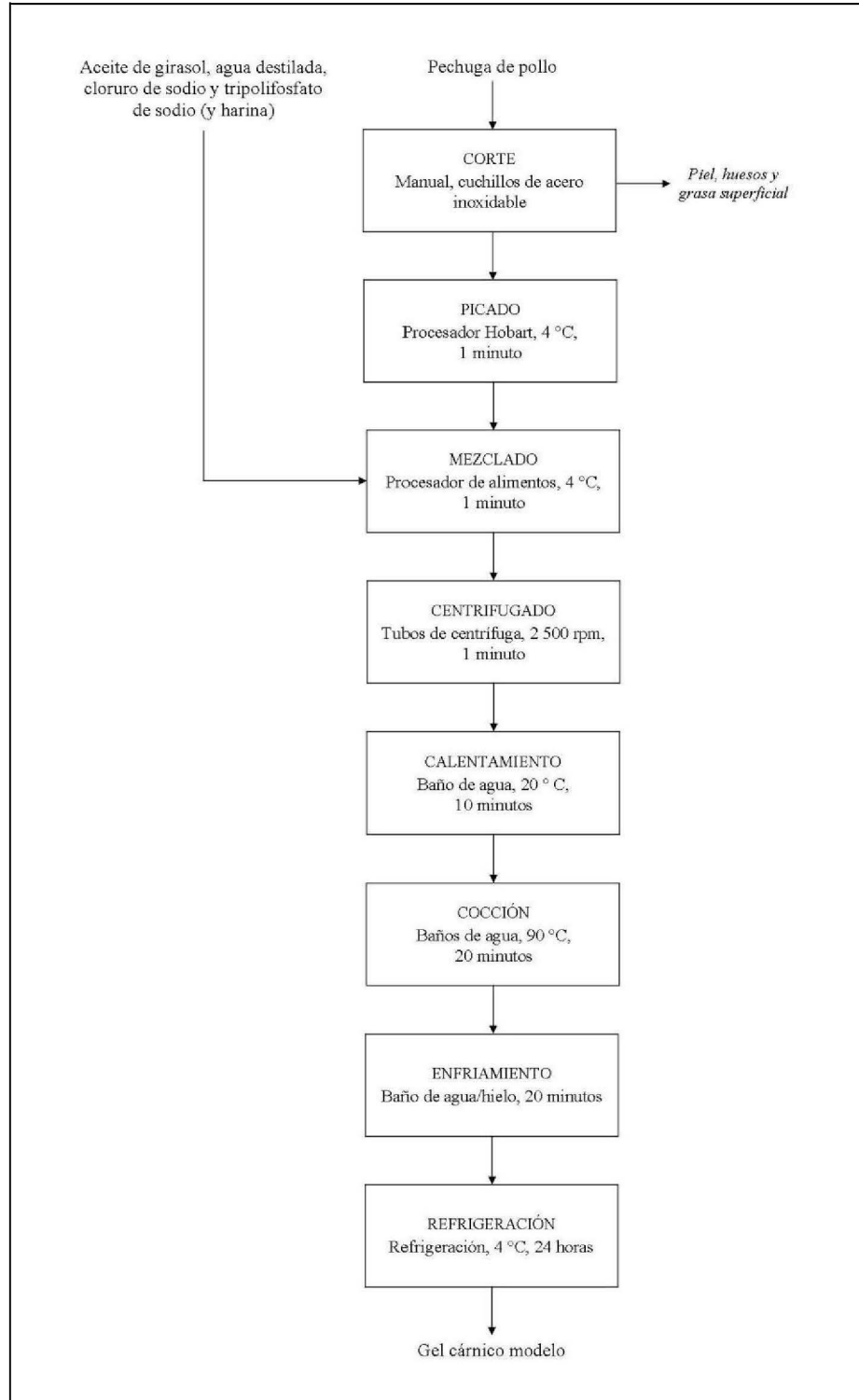
La pasta, una vez que calentó a 20 °C, se coció a 90 °C durante 20 minutos, aumentando el calor a una velocidad de 2 °C/min (Choi *et al.*, 2011).

#### **4.6.7 Enfriamiento**

Luego de transcurrido el tiempo de cocción, los tubos de ensayo que contenían la mezcla cárnica, se sumergieron en un baño de agua con hielo durante 20 minutos (Choi *et al.*, 2011).

#### **4.6.8 Refrigeración**

Los geles elaborados se refrigeraron a 4 °C durante 24 horas (Choi *et al.*, 2011).



**Figura 10. Diagrama de flujo para la elaboración de los geles cárnicos modelo utilizando harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara como sustituto de grasa**



Se elaboraron modelos cárnicos sin sustitución (control) y con sustituciones de 2, 4 y 6 % (m/m) de harina de plátano, reduciendo el contenido de grasa y aumentando el porcentaje de agua (Bortoluzzi *et al.*, 2005; Chang & Carpenter, 1997). Las formulaciones utilizadas se muestran en el Cuadro VIII.

**Cuadro VIII. Formulación de los geles modelo sustituidos con harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara para evaluar sus propiedades tecnológicas**

Ingrediente	Porcentaje (% m/m)						
	Control	Harina gruesa			Harina fina		
		Gel 1	Gel 2	Gel 3	Gel 4	Gel 5	Gel 6
Carne de pollo molida	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Aceite de girasol*	25,0	22,5	20,0	17,4	22,5	20,0	17,4
Agua destilada	22,7	23,2	23,7	24,3	23,2	23,7	24,3
Cloruro de sodio**	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Tripolifosfato de sodio	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Harina de plátano	0,0	2,0	4,0	6,0	2,0	4,0	6,0
Reducción de grasa	0,0	10,1	20,2	30,3	10,1	20,2	30,3

\* Aceite de girasol de 1,5 L marca: Clover, lote: 22JE1M 04:1702 y fecha de vencimiento: octubre 2012

\*\* Sal común refinada de 500 g marca: Sol Coonaprosal R.L. y lote: 12-11

Las proporciones de agua destilada para cada uno de los geles modelo se definieron utilizando los valores obtenidos para la capacidad de retención de agua (WHC) de ambas harinas, utilizando las siguientes expresiones matemáticas:

$$\text{Porcentaje de } H_2O_{\text{Añadida}} (\%) = \text{WHC} * \% \text{ Harina}_{\text{Plátano}} \quad (3)$$

$$\text{Porcentaje de agua}_{\text{Gel}} (\%) = \% H_2O_{\text{Control}} + \% H_2O_{\text{Añadida}} \quad (4)$$

$$\text{Porcentaje de aceite}_{\text{Gel}} (\%) = \% \text{ Aceite}_{\text{Control}} - \% \text{ Harina}_{\text{Plátano}} - \% H_2O_{\text{Añadida}} \quad (5)$$

$$\text{Porcentaje de reducción} (\%) = \frac{(\% \text{ Aceite}_{\text{Control}} - \% \text{ Aceite}_{\text{Gel}})}{\% \text{ Aceite}_{\text{Control}}} * 100 \quad (6)$$

A cada uno de los geles modelo formulados se les midió el valor de pH, el rendimiento de cocción, la capacidad de retención de agua (WHC), el perfil de textura y los parámetros de color.

Se utilizó un diseño irrestricto aleatorio con siete tratamientos (7 formulaciones), tres repeticiones (3 lotes) y tres réplicas, con excepción del perfil de textura, en el cual se utilizaron seis réplicas por repetición. Las variables respuesta se analizaron estadísticamente mediante un ANDEVA y en caso de detectar diferencias significativas al 95 % de confianza, se aplicó una prueba de comparación de medias Tukey. En los parámetros en que no se detectaron diferencias significativas se calculó la potencia de la prueba para el análisis estadístico utilizando una diferencia mínima a detectar de dos desviaciones estándar.

En caso de que se encontraran diferencias significativas en el diseño irrestricto aleatorio, se aplicó un diseño factorial con dos factores: tamaño de partícula a dos niveles y grado de sustitución a tres niveles, para un total de 6 tratamientos (entre estos tratamientos se excluyó el gel control). Esto se hizo para definir el mejor tamaño de partícula y el porcentaje de sustitución factible a utilizar.

En la Figura 11 se resume la metodología que se utilizó para cada lote de producto.



**Figura 11. Metodología seguida para evaluar el potencial tecnológico de una harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara como fuente de fibra y sustituto de grasa para productos cárnicos**

## 4.7 Métodos de análisis

### 4.7.1 Análisis físicos

#### 4.7.1.1 *pH de la harina de plátano*

Se determinó la concentración del ion hidronio en disolución acuosa de forma directa; para esto se tomaron muestras de 1 g de muestra homogenizadas en 10 mL de agua destilada y se midió por triplicado el valor de pH utilizando un pHmetro (Metrohm, 827 pH lab) (Herrera *et al.*, 2003; Kirk *et al.*, 2009).

#### 4.7.1.2 *Evaluación de color de la harina de plátano*

El color de cada harina se determinó usando un colorímetro (Hunter Lab, Color Flex), calibrado con un plato negro, uno blanco y uno verde ( $L^* = 53,11$ ;  $a^* = -26,13$  y  $b^* = 12,28$ ) a una diferencia de  $\pm 0,30$ ; si esta fue mayor, se calibró nuevamente. Para cada gel se midió los parámetros:  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  por triplicado. La intensidad de color ( $C^*$ ) y el ángulo de matiz ( $H^\circ$ ) se calcularon con las siguientes ecuaciones (Choi *et al.*, 2011):

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3)$$

$$H^\circ = \arctan(b^*/a^*) \quad (4)$$

#### 4.7.1.3 *Tamizado de la harina de plátano*

El análisis granulométrico de tamizado se realizó con tamices normalizados, con tamaños de abertura diferentes, consecutivos en una relación constante y elaborados con telas metálicas (hilos metálicos). Se utilizó la serie "American Society for Testing Materials" (ASTM-E-11), la cual se basa en una apertura de tamiz de 18 mallas (apertura de 1 mm) y una relación de apertura entre tamices adyacentes de  $2^{1/4}$  cm. En el Cuadro IX se muestran los tamices de la serie Tyler que se utilizaron para la caracterización granulométrica de ambas harinas.

**Cuadro IX. Tamices de la serie Tyler utilizados para caracterizar granulométricamente las harinas de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Tamiz	
Harina gruesa (HG)	Harina fina (HF)
10	12
14	16
18	20
25	30
35	40
45	50
60	70
80	100
120	140
170	200
230	400
325	--

Esta serie de tamices de escogió de forma tal que el primer tamiz no retuvo nada del producto, el segundo sí retuvo y el plato retuvo menos del 1 % de la muestra. El análisis se realizó por triplicado para evaluar el efecto del tamaño de partícula sobre las propiedades tecnológicas de la harina de plátano verde con cáscara y las propiedades físico químicas de los geles cárnicos formulados.

#### **4.7.1.4 pH de los modelos de emulsiones cárnicas**

Para determinar el valor de pH, se tomó una muestra de 5 g de la pasta del gel modelo y se homogenizó con 20 mL de agua destilada, siguiendo la metodología sugerida por Choi *et al.* (2011). Esta medición se realizó con un pHmetro (Metrohm, 827 pH lab) por triplicado.

#### **4.7.1.5 Análisis del perfil de textura (TPA) de los modelos de emulsiones cárnicas**

La textura de los geles modelos se midió con un texturómetro (TA.TXPlus, Stable Micro Systems) con celdas de 50,0 kg de carga, utilizando muestras cilíndricas de 2,0 cm de altura (Figura 12) que se comprimen dos veces al 50 % de su altura original con 1,0 mm/s de velocidad de cabezal; 1,0 mm/s de velocidad de pre-prueba y 1,0 mm/s de velocidad de post-prueba; utilizando una celda cilíndrica.



**Figura 12. Análisis de perfil de textura de los geles cárnicos sustituidos con harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Con el análisis del perfil de textura (TPA) se obtuvo los parámetros de: dureza [pico de fuerza en la primera compresión (N)], elasticidad [distancia entre la primera compresión y la segunda], cohesión [razón entre el área del segundo pico de fuerza y el primero], adhesividad [área del tercer pico de fuerza], gomosidad [dureza \* cohesión] y masticabilidad [dureza \* cohesión \* elasticidad] (Choi *et al.*, 2011). Para la determinación se realizó 6 mediciones para cada muestra.

#### **4.7.1.6 Evaluación de color de los modelos de emulsiones cárnicas**

El color de cada gel se determinó usando el método descrito por Choi *et al.* (2011) y detallado en la sección 4.7.1.2, para determinar la luminosidad ( $L^*$ ), el parámetro de color  $a^*$ , el parámetro de color  $b^*$ , la intensidad de color ( $C^*$ ) y el ángulo de matiz ( $H^\circ$ ) utilizando el colorímetro (Hunter Lab, Color Flex). Para la determinación del color, las muestras se picaron en cubos y se colocaron en capsulas de polipropileno (Figura 13) para realizar la medición.



**Figura 13. Determinación del color de los geles cárnicos sustituidos con harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

#### ***4.7.1.7 Rendimiento de cocción de los modelos de emulsiones cárnicas***

El rendimiento de cocción se determinó al preparar los geles (sección 4.6), luego de haberse mantenido la temperatura de 90 °C durante 20 minutos en el baño de agua (Digisystem Laboratory Instruments Inc., 1009045), se decantó el líquido sobrenadante y se midió su masa. Así, el rendimiento se determinó como la diferencia porcentual entre los geles crudos y cocidos.

#### **4.7.2 Análisis químicos**

##### ***4.7.2.1 Humedad en la harina de plátano***

La determinación del contenido de humedad se realizó por triplicado mediante la pérdida de peso de la harina al ser sometida una muestra de 5 g a un calentamiento de 70°C en estufa de vacío, hasta masa constante; adaptando el método 925.09 de la AOAC (1990.c).

##### ***4.7.2.2 Cenizas en la harina de plátano***

Se realizó mediante la calcinación de una muestra de 5 g en mufla a 550°C hasta masa constante, por triplicado, según el método 923.03 de la AOAC (1990.b).

#### 4.7.2.3 **Grasa en la harina de plátano**

La determinación de grasa de una muestra de 2 g, sin humedad, se realizó mediante un extractor de Soxhlet, siguiendo el método 920.85 de la AOAC (1990.a). La determinación anterior se realizó por triplicado.

#### 4.7.2.4 **Proteína en la harina de plátano**

La cuantificación de proteína estuvo a cargo del Laboratorio de Química del CITA y se realizó en forma indirecta a través del contenido de nitrógeno total por el método acreditado P-SA-MQ-003 basado en el método de Kjeldahl de la AOAC (CITA, 2009). La determinación se realizó por triplicado.

#### 4.7.2.5 **Almidón en la harina de plátano**

La determinación del contenido de almidón en la harina de plátano estuvo a cargo del Laboratorio de Química del CITA y se determinó enzimáticamente por el método P-SA-MQ-018 documentado por el CITA (CITA, 2005). Para este análisis, se hidroliza previamente con la enzima amiloglucosidasa el almidón presente en la muestra y se cuantifica la concentración de glucosa espectrofotométricamente.

#### 4.7.2.6 **Capacidad de absorción de agua (WHC) de la harina de plátano**

La capacidad de absorción de agua (WHC) se midió siguiendo la metodología indicada por Femenia *et al.* (1997), con algunas modificaciones. Para la determinación se suspendieron por 24 horas, en 50 mL de disolución buffer de fosfatos, muestras de 2,5 g de la harina y se centrifugaron (Labnet, HERMLE Z300) 4,5 minutos a 6000 rpm; posteriormente los residuos sólidos recuperados por filtración se colocaron en cápsulas de porcelana a masa constante y se secaron en estufa de vacío a 70°C hasta obtener masa constante (AOAC, 1990.c). La WHC se determinó mediante las siguientes expresiones matemáticas (Femenia *et al.*, 1997):

$$WHC = \frac{(m_{\text{residuo húmedo}} - m_{\text{residuo seco}})}{(m_{\text{residuo seco}} - k)} \quad (5)$$

Donde,  $k = a(m_{\text{cápsula+muestra}} - m_{\text{cápsula+residuo}})$  y  $a = 2,8 \times 10^{-2} \text{ g PO}^{-4}/\text{mL}$

La determinación anteriormente descrita, se realizó por triplicado en cada muestra de harina.

#### **4.7.2.7 Solubilidad de la harina de plátano**

La solubilidad se midió por triplicado en conjunto con la capacidad de retención de agua, expresándose como porcentaje de pérdida en el peso de la muestra original en seco (corregida por la presencia del buffer de fosfato) después de la recuperación de material insoluble utilizado para determinar la WHC (Femenia *et al.*, 1997). La solubilidad de cada muestra se calculó según la fórmula:

$$\text{Solubilidad} = m_{\text{muestra}} - \frac{(m_{\text{residuo}} - k)}{m_{\text{muestra}}} \quad (6)$$

Donde,  $k = a(m_{\text{cápsula+muestra}} - m_{\text{cápsula+residuo}})$  y  $a = 2,8 \times 10^{-2} \text{ g PO}_4^-/\text{mL}$

#### **4.7.2.8 Hinchamiento (SW) de la harina de plátano**

El hinchamiento de la harina se midió hidratando con 10 mL de buffer de fosfatos 0,5 g de muestra en una probeta. Para el análisis, se dejó reposar durante 24 h y se determinó el volumen de harina que se hidrató con el buffer. La medición se realizó por triplicado y se expresa como mL de residuo/g muestra seca (Femenia *et al.*, 1997).

#### **4.7.2.9 Capacidad de absorción de grasa (FAC) de la harina de plátano**

La capacidad de absorción de grasa (FAC) se midió por gravimetría, utilizando el método modificado descrito por Femenia *et al.* (1997). Este consistió en mezclar muestras de 5 g de la harina con 30 mL de aceite de girasol (aceite de girasol de 1 L marca: Clover, lote: 20SO1E 09:41:08 y fecha de vencimiento: junio 2013) y dejar en reposo durante 24 horas a temperatura ambiente; posteriormente se centrifugó (Labnet, HERMLE Z300) 3,5 minutos a 6000 rpm y decantó el líquido sobrenadante. La FAC se determinó por triplicado y se expresó como g aceite/g muestra seca.

#### **4.7.2.10 Capacidad de retención de agua (WHC) de los modelos de emulsiones cárnicas**

La capacidad de retención de agua (WHC) se midió gravimétricamente siguiendo la metodología descrita por Choi *et al.* (2011). Al preparar los geles modelo (sección 4.6), luego de que se mantuvo la temperatura de 90°C durante 20 minutos en el baño de agua (Digisystem Laboratory



Instruments Inc., 1009045), se decantó el líquido sobrenadante y se midió su masa. Los geles se almacenaron a 4°C durante 24 horas y posteriormente, se centrifugaron (Labnet, HERMLE Z300) a 6 000 rpm durante 1 min y se midió la masa de los geles centrifugados y cocidos. Para determinar la capacidad de retención de agua se utilizó la siguiente fórmula (Choi *et al.*, 2011):

$$WHC = \left( 1 - \frac{m_{agua\ perdida\ luego\ de\ centrifugar}}{m_{gel\ cocido}} \right) * 100 \quad (7)$$

Las mediciones anteriores se realizaron por triplicado, siguiendo la metodología descrita anteriormente.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Caracterización de la harina de plátano verde con cáscara

Para determinar el potencial de uso de la harina elaborada como fuente de fibra y sustituto de grasa para productos cárnicos, se determinó su composición proximal. Además, se evaluó el valor de pH, los parámetros de color y el tamaño de partícula de ambas harinas de plátano obtenidas. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro X.

**Cuadro X. Composición proximal promedio de las harinas de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara de diferente tamaño de partícula**

Variable	Contenido (% m/m en base seca)		Probabilidad	Potencia de prueba
	Harina gruesa	Harina fina		
Humedad	2,85 ± 0,07 <sup>a</sup>	2,29 ± 0,07 <sup>b</sup>	0,0287	--
Cenizas	3,41 ± 0,14	3,23 ± 0,14	0,4561	0,8557
Grasa	1,13 ± 0,16	0,610 ± 0,16	0,1502	0,9970
Proteína	3,78 ± 0,07	3,48 ± 0,07	0,0881	1
Carbohidratos	91,7 ± 0,03 <sup>a</sup>	92,7 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,0021	--
Almidón total	68,6 ± 0,53	69,6 ± 0,53	0,0245	--
pH	6,09 ± 0,03	6,05 ± 0,03	0,4266	0,9581

\* Letras diferentes entre la fila indica diferencias significativas con un 95 % de confianza.

Según el análisis de varianza realizado (Anexo 9.2.1), se determinaron diferencias significativas entre ambas harinas para los contenidos de humedad ( $p = 0,0287$ ) y carbohidratos ( $p = 0,0021$ ); mientras que no se halló diferencias significativas para los contenidos de cenizas, grasa, proteína y fibra cruda. Además, se determinaron diferencias significativas entre lotes en el contenido de almidón ( $p = 0,0245$ ).

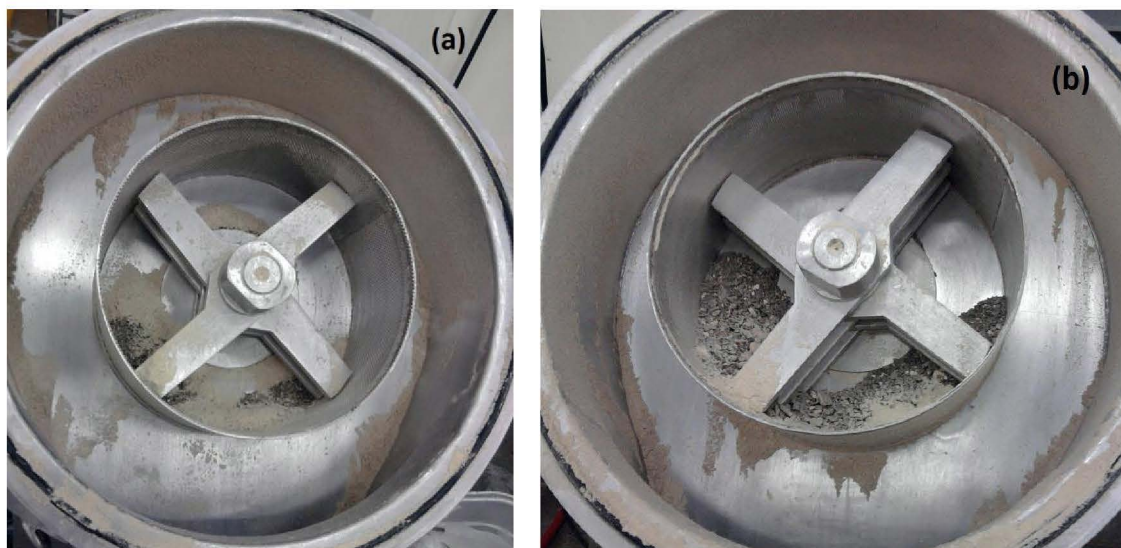
Las diferencias del contenido de humedad están sujetas al proceso de secado por aire caliente, ya que no se controló estrictamente la humedad final del producto durante la operación. Además, debido a la naturaleza del producto y al presentar el plátano un alto contenido de almidón (Soto, 2010), es altamente higroscópico, por lo que pudo haberse hidratado durante alguna de las etapas posteriores al secado.

Pese a las diferencias determinadas en ambas harinas, estas presentan un contenido de humedad entre 2,29 - 2,85 %. Por lo tanto cumplen con el contenido de humedad máximo indicado en el

RTCA (2006), la norma del Codex Alimentarius para harina de trigo (1985) y la norma oficial de Costa Rica (1967), los cuales son de un máximo de 14, 15 y 14 %, respetivamente. Al haberse obtenido un contenido tan bajo de humedad y por consiguiente de  $a_w$ , se estima que el producto presentó mayor estabilidad microbiana, debido a que la mayoría de los microorganismos, incluyendo los patógenos, crecen rápidamente a niveles de  $a_w$  entre 0,995 - 0,980. A valores inferiores la velocidad de crecimiento y la población estacionaria disminuye (con excepción de los xerófilos como mohos y levaduras, los cuales crecen rápidamente a valores de  $a_w$  inferiores a 0,85) y a valores  $a_w < 0,6$  casi no existe crecimiento microbiano (Andino & Castillo, 2010).

Además, el contenido de almidón resistente (AR) se mantiene constante siempre y cuando no se someta la muestra a tratamientos térmicos con altos contenidos de humedad. La pérdida de AR se debe a la gelatinización, que ocurre en un rango de temperatura de 50 °C a 70 °C ó a mayores temperaturas, la cual ocasiona la pérdida de la estructura cristalina, la hinchazón y lixiviación de las moléculas de amilosa de los gránulos de almidón; para que se dé esta reacción, se debe contar con un alto contenido de humedad (> 27 %) (Barrantes, 2009), lo que no se tiene en la harina de plátano con cáscara. Así, a humedades bajas, como lo es el caso de la harina elaborada, se logra mantener el AR sin variaciones, el cual se hidratará y gelatinizará rápidamente durante la elaboración de los geles modelos, aumentando la capacidad de absorción de agua de la emulsión cárnica.

Respecto al contenido de carbohidratos, se obtuvieron diferencias significativas entre los dos tipos de harina, siendo la fina de mayor contenido. Lo anterior puede deberse a que durante la molienda de la harina fina se utilizó una malla con perforaciones de menor tamaño y por consiguiente, se retuvo un mayor porcentaje de cáscara en el interior de la malla (Figura 14.b) en comparación con la harina gruesa, en la cual no se retuvo tanto material (Figura 14.a); así, la harina gruesa presenta un incremento en porcentaje de cáscara molida y un detrimento del contenido de carbohidratos provenientes de la pulpa. Esta disminución del porcentaje de carbohidratos amiláceos disminuye el total de carbohidratos en la harina gruesa y los carbohidratos de la cáscara del plátano (celulosa, hemicelulosa y lignina) de la pared celular (Linden & Lorient, 1996; Tapia, 2005), no logran compensar el contenido total azúcares.



**Figura 14. Material retenido en la malla del molino de martillos durante la molienda de la harina plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara gruesa (a) y fina (b)**

El almidón, después de la celulosa, es el carbohidrato más abundante en la dieta del ser humano y más importante en el ámbito nutricional y comercial (Tapia, 2005). Soto (2010) indica en su investigación, sobre la cuantificación del almidón resistente en harina de plátano y banano verde utilizando el método *in vitro* enzimático con enzimas amilolíticas, que la harina de plátano verde (*Musa cavendishii*) presenta un contenido de 68,13 % de almidón total y 21,06 % de almidón resistente; mientras que Barrantes (2009) indica contenidos de 78 % de almidón total, 56 % de almidón resistente y 22 % de almidón disponible para plátano verde (*Musa AAB*). El contenido promedio de almidón determinado para la harina de plátano Curraré con cáscara varía entre los datos indicados por la literatura, esto asumiendo que el contenido de almidón de la cáscara sea muy bajo y pueda discriminarse al ser la celulosa, hemicelulosa y lignina los componentes principales de la pared celular (Linden & Lorient, 1996; Tapia, 2005).

El contenido de almidón se ve afectado principalmente por factores como la variedad, la zona de cultivo, el grado de madurez y la época de cosecha (Arcila *et al.*, 2002; Barrera *et al.*, 2010; Hernández & Vit, 2009). Entre los lotes hubo una diferencia entre los meses de cosecha, lo que según varios autores puede afectar el contenido de carbohidratos en el producto. Respecto a las demás variables, se procuró que los plátanos utilizados fueran de la misma variedad, zona de cultivo y grado de madurez, esto último controlando la fecha de corte y el tiempo transcurrido

entre la cosecha y su procesamiento, el cual fue de 1 a 2 días. Además, Barrantes (2009) indica que la disminución del contenido de AT en la harina de plátano puede atribuirse también a pérdidas en el procesamiento de la harina durante las operaciones de troceado y molienda, lo que provoca que cambie la cantidad proporcional de almidón en el producto final con respecto al resto de los otros componentes.

González & Pacheco-Delahaye (2006) mencionan que el almidón proveniente del plátano proporciona pastas cortas que en el enfriamiento producen geles de gran fuerza; mientras que Tapia (2005) indica que el plátano contiene almidón resistente tipo 2 (AR2), el cual presenta una estructura parcialmente hidratada y gelatinizada tan empaquetada que limita la accesibilidad de las enzimas digestivas como las amilasas. Además, cuando estas estructuras se calientan y rehidratan, la amilosa forma una estructura de almidón resistente complejo y estable (almidón resistente tipo 3, AR3), el cual es altamente resistente a las enzimas amilolíticas (Tapia, 2005). Esta digestión es muy similar a la mostrada por la fibra dietética, lo que convierte al almidón resistente en un ingrediente funcional para ser utilizado como sustituto de grasa en los geles cárnicos modelo (Soto, 2010).

Pese a las propiedades deseables del almidón de plátano, González & Pacheco-Delahaye (2006) mencionan que resulta más rentable la producción de los frutos de plátano verde excedentes o rechazados en harina que el aislamiento del almidón, debido que este último producto es mucho más difícil, lento y costoso. Así, se puede aprovechar que el plátano sea la cuarta fuente de energía para países en vía de desarrollo después del maíz, arroz y trigo, debido a su alto contenido de almidón (Coa *et al.*, 2009) para convertirlo en harina que se puede utilizar en el desarrollo de diversos alimentos como en productos cárnicos.

Islas *et al.* (2007) evaluaron algunas propiedades químicas de una harina de plátano macho (*Musa paradisiaca L.*) y las compararon con un polvo de plátano rico en fibra preparado a partir de harina integral de plátano de la misma variedad (*Musa paradisiaca L.*), el cual fue sometido a un proceso de gelatinización seguido por una licuefacción enzimática con  $\alpha$ -amilasas termoestables grado alimentario (Licuamil 340 de Starzyme TE, ENMEX, S.A., México). Esta comparación se realizó para evaluar la harina de plátano macho (*Musa paradisiaca L.*) contra una harina de plátano de la misma variedad en la cual se han eliminado una parte de sustancias que pueden ser hidrolizas

enzimáticamente y que pueden variar los contenidos de fibra dietética total, almidón total almidón resistente y almidón disponible. Se obtuvieron los resultados indicados en el Cuadro XI.

**Cuadro XI. Contenidos de fibra dietética y almidón de un polvo rico en fibra de plátano y de harina de plátano (*Musa paradisiaca* L.)**

Variable	Contenido (% m/m en base seca)	
	Harina de plátano	Polvo de plátano rico en fibra
Fibra dietética total	10,4 ± 1,4 <sup>a</sup>	31,8 ± 2,1 <sup>b</sup>
Almidón total	76,8 ± 1,0 <sup>a</sup>	52,4 ± 1,1 <sup>b</sup>
Almidón resistente	30,4 ± 0,8 <sup>a</sup>	3,6 ± 0,4 <sup>b</sup>
Almidón disponible	71,5 ± 1,1 <sup>a</sup>	48,5 ± 1,3 <sup>b</sup>

\* Letras diferentes entre la fila indica diferencias significativas con un 95 % de confianza ( $p \leq 0,05$ ).

Fuente: Islas *et al.* (2007)

Al igual que los resultados obtenidos por Islas *et al.* (2007), la harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara muestra un alto contenido de almidón ( $68,6 \pm 0,53$  % a  $69,6 \pm 0,53$  %), por lo cual se podrían usar en productos cárnicos debido a sus capacidades para retener y adsorber agua. Además, podría asegurarse que esta última, presenta altos contenidos de almidón resistente (AR) y disponible (AD), lo que resultaría un beneficio nutricional en productos formulados con esta harina.

Como se observa en el marco teórico (ver Cuadro VI), varios autores indican beneficios en las propiedades tecnológicas debido principalmente a un alto contenido de fibra dietética (Brewer, 2012; Delahaye *et al.*, 1998; Hung-Chia & Carpenter, 1997; Kaack & Pedersen, 2005). Las propiedades tecnológicas reflejadas en las harinas de plátano verde con cáscara y los geles modelos sustituidos se deben al alto contenido de almidón total.

Los valores de pH no indicaron diferencias significativas ( $p = 0,4266$  con una potencia de prueba = 0,9581) (Anexo 9.2.1). El pH se midió en las harinas por control de calidad y microbiológico debido a que una variación del rango entre 6,0 - 6,8 podría indicar adulteración o acción microbiana por la producción de ácidos en las harinas (Kirk *et al.*, 2009); sin embargo, este se mantuvo entre 6,05-6,09 en promedio. Aunado a este factor, se descartó el posible crecimiento de microorganismos debido a la composición del producto (poca humedad: de  $2,29 \pm 0,07$  % a  $2,85 \pm 0,07$  %).

Se evaluó el color de la harina de plátano verde con cáscara con la finalidad de determinar si el color era un parámetro significativo en la coloración de los geles cárnicos formulados. Los valores se indican en el Cuadro XII.

**Cuadro XII. Parámetros de color evaluados para las harinas de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara con diferente tamaño de partícula**

Parámetro	Valor		Probabilidad	Potencia de prueba
	Harina gruesa	Harina fina		
L *	74,73	75,21	0,7153	0,9960
a *	2,69	2,66	0,9161	0,9990
b *	10,68	10,85	0,1603	1
C *	11,04	11,19	0,0826	1
H °	76,17	75,95	0,8712	0,9998

No se obtuvo diferencias significativas entre los parámetros de color de las harinas (Anexo 9.2), esto indica que los tamaños de partícula analizados no influyeron significativamente en la coloración de ambas harinas de plátano verde con cáscara.

Se determinó el tamaño de partícula promedio mediante un análisis granulométrico para evaluar el efecto del tamaño de ambas harinas sobre algunas propiedades tecnofuncionales del producto (Cuadro XIII).

**Cuadro XIII. Fracciones retenidas promedio para las harinas de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara durante el análisis granulométrico**

Harina gruesa		Harina fina	
Dp promedio (mm)	Fracción retenida prom. (%)	Dp promedio (mm)	Fracción retenida prom. (%)
0,0220	6,71	<b>0,0185</b>	<b>48,1 4</b>
<b>0,0530</b>	<b>13,18</b>	<b>0,0555</b>	<b>19,34</b>
<b>0,0750</b>	<b>20,18</b>	0,0890	4,60
<b>0,1060</b>	<b>4,13</b>	0,1255	6,84
<b>0,1495</b>	<b>22,08</b>	0,1775	5,65
<b>0,2105</b>	<b>9,30</b>	0,1947	0,17
0,2350	0,19	0,2060	5,11
0,2985	4,96	0,2515	5,99
0,4230	6,91	0,3335	0,16
0,5980	6,24	0,3530	3,59
0,7305	0,87	0,4333	0,50
0,8460	5,24		
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>Total</b>	<b>100,00</b>

Se determinó que para la harina de plátano verde con cáscara gruesa (HG), una fracción del 68,87% presenta un diámetro de partícula promedio entre 0,0530 mm a 0,2105 mm; mientras que para la harina de plátano verde con cáscara fina (HF) un porcentaje de 67,48 % de la muestra se retiene en el plato y presenta un tamaño de partícula promedio igual o inferior a 0,0555 mm. En el Cuadro XIII se muestran las fracciones retenidas promedio para ambas harinas de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara.

Rosenthal (2001) menciona que tanto la composición química como la estructura y las condiciones de procesamiento pueden influir en la textura y la calidad de muchos alimentos, por lo cual resulta de mayor importancia la caracterización granulométrica. Esta variación en los tamaños de partícula de la harina fue necesaria en los demás análisis para evaluar su efecto sobre la capacidad para ligar agua o grasa y, por consiguiente, el efecto de distintos niveles de sustitución de harina en los geles modelo mediante la evaluación del rendimiento de cocción, la capacidad de absorción de agua, la textura y el color.



## 5.2 Evaluación de las propiedades tecnológicas de la harina de plátano verde con cáscara

Se evaluó el efecto del tamaño de partícula de harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara sobre la capacidad de absorción de agua (WHC), solubilidad (S), hinchamiento (SW) y capacidad de absorción de grasa (FAC) con el objetivo de determinar el uso potencial como fuente de fibra y sustituto de grasa para productos cárnicos. Los resultados obtenidos se indican en el Cuadro XIV.

**Cuadro XIV. Propiedades tecnológicas evaluadas para las harinas de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara con diferente tamaño de partícula**

Variable	Valor		Probabilidad	Potencia de prueba
	Harina gruesa	Harina fina		
WHC (g/g)	1,58 ± 0,11	1,54 ± 0,05	0,1675	0,9999
S (g/g)	1,59 ± 0,02	1,58 ± 0,02	0,8302	0,7634
SW (mL/g)	3,77 ± 0,17	3,91 ± 0,17	0,6222	0,7780
FAC (g/g)	0,795 ± 0,02	0,788 ± 0,02	0,8617	0,9980

Al realizar el análisis de varianza de los datos cuantificados, no se determinaron diferencias significativas (Anexo 9.2.2) en ninguna de las cuatro propiedades tecnológicas evaluadas, es decir, en las condiciones del estudio, el tamaño de partícula no influye en la capacidad de absorción de agua, solubilidad, hinchamiento ni en la capacidad de absorción de grasa de las harinas de plátano verde con cáscara.

Sangnark & Noomhorm (2003) realizaron un estudio del efecto del tamaño de las partículas sobre las propiedades funcionales de la fibra dietética de bagazo de caña de azúcar (más del 50 % de la muestra con un tamaño de partícula mayor a 0,15 mm). Se utilizó Solka Flocc 1 900 (celulosa en polvo vendida bajo la marca Solka-Floc<sup>®</sup>, con alrededor del 66 % de la muestra con un tamaño de partícula de 0,15 mm) y se determinó que una disminución en el tamaño de partícula de la DF está asociada con un aumento en la densidad y con una reducción de la WHC y FAC; similares resultados se obtuvieron en otras investigaciones de distintas marcas de cereal de desayuno. Esto muestra que el tamaño de partícula influye en las capacidades tecnológicas de las materias primas.

Sin embargo, Raghavendra *et al.* (2006) indican que una reducción en el tamaño de partícula de 1127 a 550  $\mu\text{m}$  tiene un efecto significativo en la estructura física de las fibras de coco y que esto se relaciona con un aumento de las propiedades de hidratación, tales como la capacidad de retención de agua, capacidad de absorción de agua e hinchamiento, de forma tal que las propiedades de hidratación tienden a disminuir conforme aumenta el tamaño de partícula. Sangnark & Noomhorm (2003), también indican estudios con *Laminaria digitata* (kombu bretón), en donde tamaños de partícula menores se asociaron con una absorción de agua y grasa mayor; además, parámetros experimentales, tales como la agitación, podrían alterar la estructura física de las fibras y dar lugar a grandes cambios en la WHC y FAC.

Estos resultados indican que los tamaños de partícula comparados en esta investigación no fueron lo suficientemente diferentes para detectar una diferencia. Además, si se considera que la composición química en general no mostró diferencias, se podría decir que esta no influyó sobre las propiedades tecnológicas ni tampoco la superficie de contacto, o bien que un contenido mayor de cáscara en la harina de plátano (harina gruesa) no aporta significativamente compuestos o materia que incremente las interacciones de la matriz con el agua o el aceite del medio, y por lo tanto, no se da una mayor ni menor capacidad para retener agua o grasa. Debido al bajo contenido de fibra en la harina, las propiedades como sustituto de grasa pueden deberse al almidón por lo que probablemente el tamaño de partícula no sea un factor de impacto.

Para evaluar las propiedades tecnológicas determinadas, se comparó la harina de plátano verde con cáscara con distintas materias primas que se utilizan en el mercado debido a sus capacidades para ligar agua y grasa. En el Cuadro XV se observa un resumen de dicha información.

Según la literatura, los valores para la capacidad de retención de agua de varios productos oscilan entre 2,7 a 42,5 g agua retenida/g de materia seca, para el salvado de trigo (Elleuch *et al.*, 2011; López *et al.*, 1996) y la fibra dietética insoluble de zanahoria (Chau *et al.*, 2007), respectivamente. Como se observa en el Cuadro XIV, las harinas analizadas presentan un WHC entre 1,54 – 1,58 g agua retenida/g de materia seca, lo cual indica que si bien es cierto que es un producto que retiene agua, no lo hace de una forma tan eficaz como muchos otros ya existentes en el mercado.

**Cuadro XV. Propiedades tecnológicas para diversos productos utilizados como sustitutos de grasa reportadas en la literatura**

Producto	Valor			
	WHC	S	SW	FAC
Alga ( <i>Laminaria digitata</i> ) <sup>5</sup>	17,4-20,8			13,8-15,6
Bagazo de caña de azúcar <sup>13</sup>	4,98-9,76			3,26-11,3
Cáscara cítrica <sup>10</sup>	3,6			
Cáscaras de guisantes <sup>5</sup>	7,4-9,2		5,2-12,6	
Cáscara de lima <sup>14</sup>	6,96-12,84			
Cáscara de piña <sup>10</sup>	3,5			
Concentrado de FD <sup>6</sup>	15,6			9,75
Concentrado de FD de mango <sup>15</sup>	11			1
Concentrado de FD de melocotón <sup>9</sup>	9,2-12,1			1,02-1,11
Concentrado de FD de naranja <sup>9</sup>	7,3			1,27
Fibra de coco <sup>12</sup>	4,42-7,21		17-20	8,83-4,81
Fibra de remolacha azucarera <sup>5</sup>	26,5-35,4		11,5-50,8	
FD de alcachofa <sup>9</sup>	13,2			
Fibra de coliflor <sup>7</sup>	5,7-18,2	21,6-48,1	4,2-17,5	0,9-2,1
FD de espárragos <sup>9</sup>	11,2			
FD de manzana <sup>9</sup>	6,3			
FD de melocotón <sup>9</sup>	12,6			
FD de naranja <sup>9</sup>	12,4			
FD de pera <sup>9</sup>	6,8			
FD de zanahoria <sup>4</sup>	18,6			5,5
FDI de zanahoria <sup>3</sup>	12,5-42,5		18,0-62,2	1,92-56
Fibras de desechos de naranja <sup>16</sup>	7,65-8,23	--	7,80-8,39	0,98- 195
Fibra de maracuyá <sup>2</sup>	8,70	--	9,15	1,50
Harina de alcachofa <sup>11</sup>	5,24		10,98	
Pomelo sin semillas <sup>10</sup>	9,7			
Pulpa de naranja <sup>16</sup>	--	--	7,91	--
Repollo <sup>5</sup>	9,7-12,7			
Residuos de manzana <sup>10</sup>	11,7			
Residuos de naranja <sup>10</sup>	16,2			
Salvado de arroz <sup>1</sup>	4,89			4,54
Salvado de avena <sup>10</sup>	5,5			
Salvado de trigo <sup>5,10</sup>	2,7-10,0			1,2-5,0
Sub-productos de espárragos <sup>8</sup>	11,4-20,3			5,28-8,53
Toronja <sup>16</sup>	--	--	5,30	--
Torta de maíz <sup>2</sup>	10,51	--	10,16	--

Fuente: <sup>1</sup> Abdul-Hamid & Luan (2000); <sup>2</sup> Baquero & Bermúdez (1998); <sup>3</sup> Chau *et al.* (2007); <sup>4</sup> Eim *et al.* (2008); <sup>5</sup> Elleuch *et al.* (2011); <sup>6</sup> Elleuch *et al.* (2008); <sup>7</sup> Femenia *et al.* (1997); <sup>8</sup> Fuentes-Alventosa *et al.* (2009); <sup>9</sup> Grigelmo-Miguel & Martina-Belloso (1999); <sup>10</sup> Grigelmo-Miguel *et al.* (1999.a); <sup>11</sup> López *et al.* (1996); <sup>12</sup> Raghavendra *et al.* (2006); <sup>13</sup> Sangnark & Noomhorm (2003); <sup>14</sup> Ubando-Rivera *et al.* (2005); <sup>15</sup> Vergara-Valencia *et al.* (2007); <sup>16</sup> Tamayo & Bermúdez (1998).

Este comportamiento se ve reflejado en las otras dos propiedades que incluyen interacciones con la harina y el agua, como lo son la solubilidad (1,58 - 1,59 g solubilizados/g de materia seca) y el

hinchamiento (3,77 - 3,91 mL residuo/g de materia seca). En la literatura se reporta que la solubilidad para la fibra de coliflor (Femenia *et al.*, 1997) varía entre 21,6-48,1 g solubilizados/g de materia seca; mientras que el hinchamiento entre 4,2 mL residuo/g de materia seca para la fibra de coliflor (Femenia *et al.*, 1997) a 62,2 mL residuo/g de materia seca para la fibra dietética insoluble de zanahoria (Chau *et al.*, 2007). La harina de plátano, en comparación a otras materias primas, presenta una cierta capacidad de solubilización e hinchamiento, lo cual es un elemento favorable durante la formulación de los geles modelos, al reducir la grasa y aumentar la cantidad de agua que se le puede adicionar a la mezcla cárnica.

Con respecto a la capacidad de absorción de grasa, se determinó un valor entre 0,788 - 0,795 g aceite/g de materia seca, mientras que la literatura muestra valores entre 0,9 g aceite/g de materia seca para la fibra de coliflor (Femenia *et al.*, 1997), hasta un 195 g aceite/g de materia seca para las fibras de desechos de naranja (Tamayo & Bermúdez, 1998). Pese a que el valor reportado es inferior al contenido mínimo determinado para algunos productos, la harina de plátano logra una reducción de hasta el 30 % de grasa, con adición de hasta un 6 % de harina y agua en la formulación de los geles modelo (como se observa en el Cuadro VIII). Conforme al USDA (1988), se permite la sustitución de grasa por agua en productos cárnicos, como las salchichas cocidas y similares, en una proporción no excedente al 40 % de grasa total/agua añadida en peso del producto terminado.

### 5.3 Evaluación de las propiedades de la harina de plátano en modelos de emulsiones cárnicas

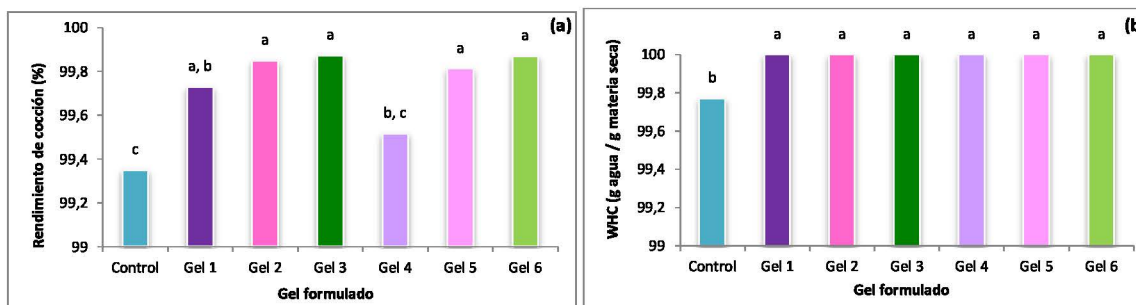
Se evaluaron los parámetros de pH, rendimiento de cocción, capacidad de absorción de agua, textura y color de los modelos de emulsiones cárnicas utilizando la harina de plátano verde con cáscara como un ingrediente funcional para los niveles de adición del 2, 4 y 6 % de harina, los cuales corresponden a una disminución del 10, 20 y 30 % en el contenido de grasa, respectivamente.

El pH en los productos cárnicos, así como en numerosos alimentos, constituye un factor importante para su estabilidad debido a que interviene en el crecimiento de microorganismos específicos (Periago, s.f.); además de esto, el pH está relacionado directamente con la desnaturalización proteica de la carne y por lo tanto, en la matriz continua hidrofílica (sal/proteína/agua) que estabiliza la fase dispersa (partículas groseras de carne/grasa, proteínas insolubles, tejido conjuntivo y partículas de especias), influyendo finalmente, en factores como la textura del producto final (Belitz & Grosch, 1997). Los valores de pH de la mezcla cárnica se encontraron en un rango entre 6,07-6,10 y no presentaron diferencias significativas ( $p = 0,5621$  con una potencia de prueba = 0,9900) entre sí, es decir que ni el grado de sustitución ni el tamaño de partícula que se utilizó tuvo influencia sobre el pH (Cuadro XVI), por lo que en caso de tener diferencias en textura no se deberán a cambios en el pH.

**Cuadro XVI. Valores de pH de los geles cárnicos formulados con diferentes grados de adición de harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

#	Harina	Gel formulado		pH
		Porcentaje de adición de harina (%)	Porcentaje de sustitución de grasa (%)	
Control	--	--	--	6,10 ± 0,05
1	Gruesa	2	10	6,08 ± 0,03
2		4	20	6,08 ± 0,03
3		6	30	6,08 ± 0,03
4	Fina	2	10	6,09 ± 0,03
5		4	20	6,07 ± 0,03
6		6	30	6,15 ± 0,03

A los geles cárnicos también se les evaluó el rendimiento de cocción y la capacidad de retención de agua (Figura 15), con la finalidad de evaluar la rentabilidad del producto formulado y la capacidad tecnológica de adsorber agua de la harina una vez en la matriz.



**Figura 15. Efecto de la adición de harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara con diferentes tamaños de partícula y grados de sustitución sobre el rendimiento de cocción (a) y la capacidad de retención de agua (b) en los geles cárnicos**

El rendimiento de cocción es un indicador de cuán rentable es el producto formulado, dado que muestra la merma de cocción debido a los contenidos de grasa y humedad, tamaño de partícula y el pH de la materia prima además de la velocidad de cocción y temperatura del punto final (Brewer, 2012).

Según Brewer (2012), al reducir el contenido de grasa se puede aumentar la pérdida de líquidos (pérdida de cocción) y, por lo general se incrementa el contenido de agua en la formulación. Esto provoca que la penetración de calor disminuya y por lo tanto, se deba aumentar el tiempo necesario para alcanzar la temperatura interna apropiada para un tratamiento térmico adecuado. Además de lo mencionado anteriormente, Kumar & Sharma (2004) indican que los sustitutos de grasa, en su mayoría, provocan una reducción del rendimiento y una purga excesiva.

Se determinó que existe una diferencia significativa ( $p = 0,0006$ ) entre tratamientos (Figura 15.a), excepto para el gel formulado con harina fina al 2 % con respecto al gel control, es decir, que al sustituir grasa por harina de plátano, aumenta el rendimiento de cocción. El gel formulado con harina gruesa al 2 % (gel 1) no mostró diferencia respecto al gel 4 (harina fina 2 %) en el resto de

tratamientos no detectó diferencia significativa. El rendimiento de cocción fue mayor para los geles que contenían algún grado de sustitución, contrario a lo esperado según la literatura.

Turhan *et al.* (2005) indican un aumento del rendimiento de cocción y del diámetro y espesor de tortas de carne para hamburguesas por la adición de película de avellana. Para el caso de la harina de plátano, el aumento en el porcentaje de rendimiento de cocción de la harina se debió al alto contenido de almidón. Esto genera un aumento en la capacidad de retención de agua de la harina (WHC entre 1,54 – 1,58 g agua retenida / g de materia seca) y por lo tanto interviene en el peso del producto terminado (Tapia, 2005).

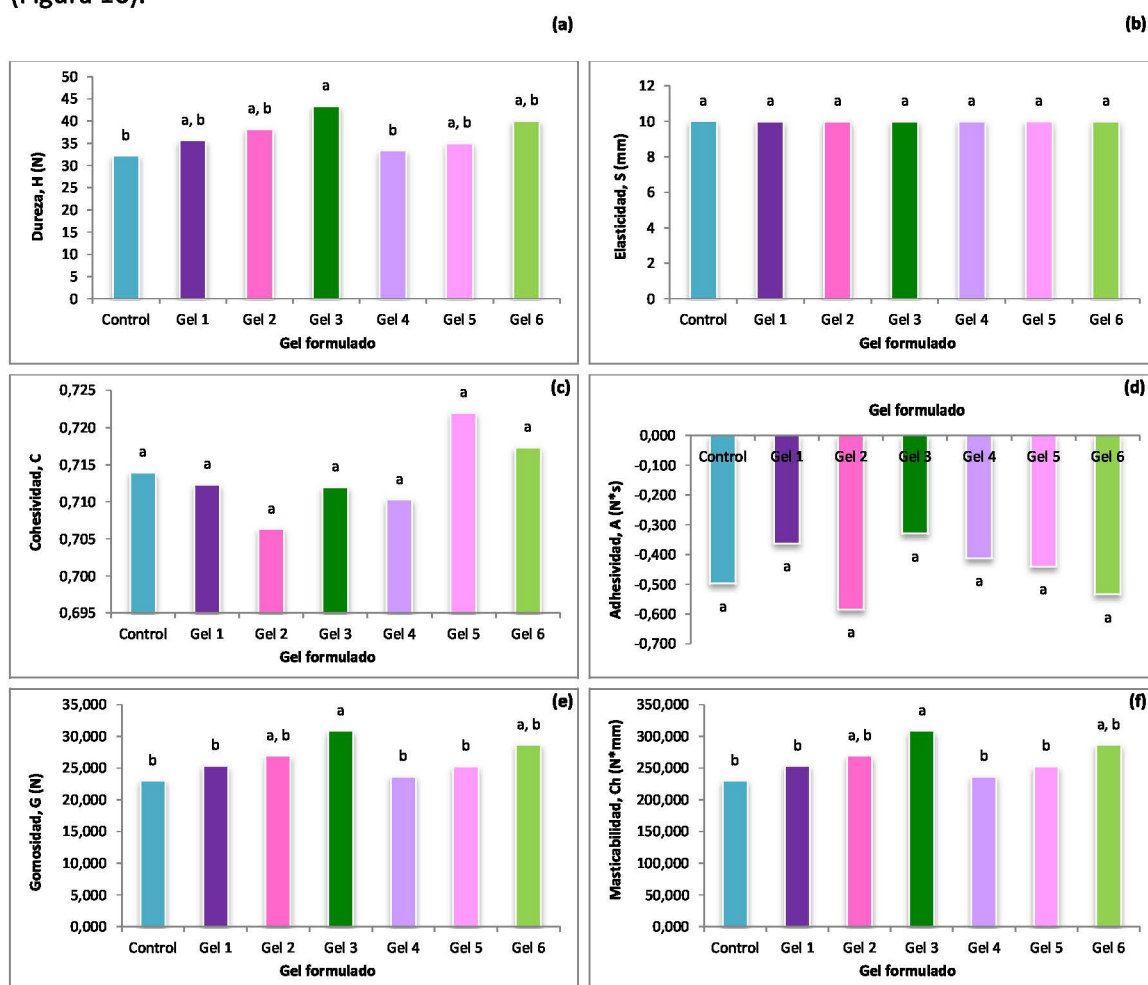
Con el fin de estudiar el efecto del tamaño de partícula y el grado de sustitución sobre el rendimiento de cocción de los geles, se aplicó un análisis de varianza (Anexo 9.2.3) sobre el diseño factorial con dos factores: tipo de harina (a 2 niveles: gruesa y fina) y nivel de sustitución (a 3 niveles: 2, 4 y 6 %). Ambos factores tuvieron efecto significativo, la harina gruesa provoca mayor rendimiento de cocción ( $p = 0,0432$ ) y respecto al grado de sustitución al 2 % provoca menor rendimiento de cocción respecto al 4 y 6 %, que entre sí no presentaron diferencias significativas ( $p = 0,0003$ ).

Una propiedad funcional de los geles proteicos es su capacidad de retención de agua, la cual se ve favorecida en condiciones adecuadas de temperatura y pH (Brewer, 2012), ya que las proteínas logran formar de una manera más eficiente estructuras de gel que retienen grandes cantidades de agua y otros componentes alimentarios (Kocher & Foegedind, 1993). La determinación de la WHC permite evaluar la capacidad del gel cárnico de adsorber agua y a su vez indica la estabilidad de la emulsión al ser sometida a un esfuerzo mecánico, en este caso a una operación de centrifugación (Choi *et al.*, 2011; Femenia *et al.*, 1997).

Se determinaron diferencias ( $p < 0,0001$ ) en la capacidad de retención de agua entre los tratamientos, sin importar el grado de sustitución ni el tipo de harina utilizado con respecto al control (Figura 15.b). Esto indica que al utilizar la harina de plátano con cáscara como sustituto de grasa, se obtiene un incremento en la capacidad de retención de agua del gel cárnico, lo cual podría deberse, como se mencionó anteriormente, a que la harina de plátano con cáscara

presenta un alto contenido de almidón, componente que le brinda una alta capacidad de retención de agua y gelificación al producto (Linden & Lorient, 1996).

Los sustitutos de grasa generalmente modifican las propiedades reológicas de los productos dando como resultado una textura gomosa y seca, una disminución en la jugosidad y la palatabilidad, e interiores blandos (Sandrou & Arvanitoyannis, 2000). Con la finalidad de evaluar la textura o terneza, término utilizado para productos cárnicos (Greaser & Pearson, 2001), se realizó un TPA (Figura 16).



**Figura 16. Efecto de la adición de harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara con diferentes tamaños de partícula y grados de sustitución sobre la dureza (a), elasticidad (b), cohesividad (c), adhesividad (d), gomosidad (e) y masticabilidad (f) en los geles cárnicos**



Mediante el Análisis de Perfil de Textura (TPA) se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos para las variables de dureza ( $p = 0,0128$ ), gomosidad ( $p = 0,0059$ ) y masticabilidad ( $p = 0,0059$ ); mientras que la elasticidad, cohesividad ( $p = 0,6566$  con una potencia de prueba =  $0,9900$ ) y adhesividad ( $p = 0,7344$  con una potencia de prueba =  $0,9090$ ) no presentaron diferencias significativas entre los geles formulados.

La dureza, según Rosenthal (2001) y Smewing (2001), se define como la fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares. Una reducción del contenido graso entre 10 a 25 % en productos de carne triturados también afecta a la dureza (Brewer, 2012), debido a que la grasa promueve la succulencia, sabor, sensación en la boca, cohesión, estabilidad, jugosidad, ternura, saciedad y la emulsión, de forma tal que alimentos con bajo contenido de grasa presentan una dureza mayor (Kaack & Pedersen, 2005). Algunos productos cárnicos, como albóndigas de carne de cerdo sustituidas con salvado de arroz, presentan un aumento en la dureza conforme incrementa el grado de sustitución (Huang *et al.*, 2005).

En la Figura 16.a se observan diferencias significativas (Anexo 9.2.3) en la dureza del gel 3, el cual corresponde a una sustitución de harina gruesa de un 6 %, es significativamente más duro que el gel control y el gel 4 (harina fina, 2 %); mientras que las demás sustituciones no presentaron diferencias significativas respecto al control. Con el fin de explicar el efecto del tamaño de partícula y del grado de sustitución sobre la dureza del producto, se hizo el análisis de varianza sobre el diseño factorial (Anexo 9.2.3) y no se encontró diferencia significativa debida al tamaño de partícula ( $p = 0,0648$ ), las diferencias se detectan con respecto al porcentaje de sustitución ( $p = 0,0047$ ) a una sustitución de un 6 % se tiene mayor dureza que con respecto al 2 y 4 %, entre estas dos últimas no hay diferencia, por lo cual, si no se desea que el consumidor note la diferencia de dureza, se deben utilizar sustituciones de harina menores del 6 %.

Además de que el gel 3 presenta un contenido menor de grasa (ver Cuadro VIII), lo cual influye en su dureza, este presenta un mayor contenido de harina y por lo tanto de almidón de plátano en su formulación. Según Smith (2001) y Smewing (2011), las características de gelatinización y de temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) afectan la reología y las propiedades mecánicas de los alimentos basados en almidón; esto debido a que el cambio estructural implica la fusión de biopolímeros de almidón, desnaturalización de proteínas y la formación de complejos entre

moléculas como los azúcares y las grasa. Esto le confiere al producto, en este caso, un leve aumento en la rigidez.

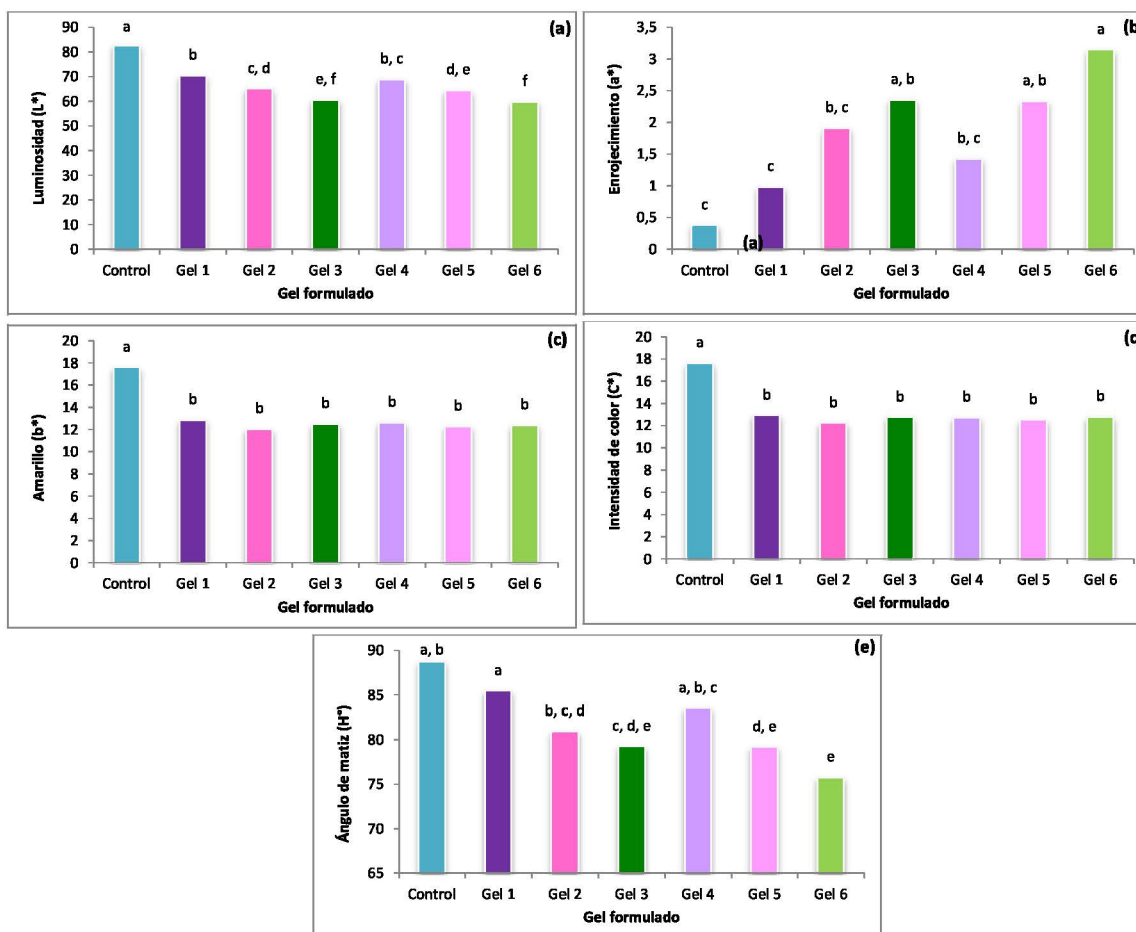
Como se mencionó anteriormente, la gomosidad es la energía requerida para desintegrar un alimento semisólido de modo que esté listo para ser tragado (Rosenthal, 2001); en esta característica, como en la masticabilidad, interviene directamente el contenido de grasa del alimento, ya que esta mejora la sensación bucal y facilita la masticación de los alimentos (De Bruijne & Bot, 2001; Greaser & Pearson, 2001).

Por otra parte, la masticabilidad es la energía requerida para masticar un alimento sólido hasta que esté listo para ser tragado (Rosenthal, 2001) entre los factores debe considerarse el tipo de emulsión y el contenido de grasa de los geles (De Bruijne & Bot, 2001; Greaser & Pearson, 2001).

Al igual que en el caso de la dureza, se determinaron diferencias significativas (Anexo 9.2.3) tanto para la gomosidad (Figura 16.e) como para la masticabilidad (Figura 16.f). El gel 3 presentó un mayor valor de gomosidad y masticabilidad con respecto a los geles 1, 4, 5 y control. De acuerdo a Huang *et al.* (2005) al aumentar el grado de sustitución con salvado de arroz, se logra un incremento en la gomosidad y la masticabilidad de albóndigas de carne de cerdo.

Para explicar el efecto del tamaño de partícula y del grado de sustitución sobre la gomosidad y la masticabilidad, se realizó el análisis de varianza sobre el diseño factorial (Anexo 9.2.3). El mismo no evidenció diferencia significativa debida al tamaño de partícula para la gomosidad ( $p = 0,0634$ ) ni para la masticabilidad ( $p = 0,0634$ ); pero si se detectaron diferencias con respecto al porcentaje de sustitución, al 6 % se obtienen mayores valores de gomosidad ( $p = 0,0015$ ) y masticabilidad ( $p = 0,0015$ ) respecto a los geles con 2 y 4 %, que entre sí no fueron diferentes. Por lo cual según los resultados obtenidos, una mayor cantidad de harina y por ende un mayor contenido de almidón influyen significativamente en la capacidad de masticación y de desintegración de los geles formulados.

Finalmente, se determinó el color de los geles cárnicos formulados y los resultados se muestran en la Figura 17. Se obtuvieron diferencias significativas para los parámetros  $L^*$  ( $p < 0,0001$ ),  $a^*$  ( $p = 0,0001$ ),  $b^*$  ( $p < 0,0001$ ),  $C^*$  ( $p < 0,0001$ ) y  $H^\circ$  ( $p = 0,0001$ ) entre los geles formulados.



**Figura 17. Efecto de la adición de harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara con diferentes tamaños de partícula y grados de sustitución sobre los parámetros L\* (a), a\* (b), b\* (c), C\* (d) y H° (e) en los geles cárnicos**

Para analizar con detalle las diferencias significativas en la luminosidad visual (L\*), se elaboró un análisis de varianza sobre el diseño factorial (Anexo 9.2.3). No se determinaron diferencias significativas debido al tamaño de partícula ( $p = 0,3531$ ), pero si por el grado de sustitución ( $p < 0,0001$ ) entre los geles formulados, siendo los geles con una sustitución del 6 % los que presentaron una menor luminosidad, es decir una menor cantidad de blanco (Figura 17.a). De acuerdo a Kaack & Pedersen (2005) varios experimentos han demostrado que el bajo contenido de grasa en salchichas provoca productos más oscuros, más rojos y menos amarillos comparados con

las salchichas control; mientras que Choi *et al.* (2011) indican que al incrementar los niveles de sustitución en geles cárnicos de cerdo cocidos y sin cocer con fibra de salvado de arroz se obtienen cambios significativos en los parámetros de color  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  y  $H^\circ$ . Esto podría deberse a que al sustituir grasa por agua y harina, cambia la distribución de la luz al aumentar la cantidad de agua y de pigmentos provenientes de la harina, lo que puede aumentar la retención de la luz en la estructura de los geles y reflejar menos.

Para los geles analizados, los valores del parámetro de color  $a^*$  se encuentran en el eje positivo, es decir que los geles tienden más al rojo ( $+a^*$ ) que al verde ( $-a^*$ ). Se determinaron diferencias significativas entre el control y los geles 3 (6 % de harina gruesa), 5 (4 % de harina fina) y 6 (6 % de harina fina) (Figura 17.b); siendo el control el que presentó menor valor para el  $a^*$ ; además, el gel con el mayor grado de sustitución de harina fina presentó el mayor enrojecimiento.

Con el fin de evaluar las diferencias del efecto del tamaño de partícula y el grado de sustitución sobre el parámetro  $a^*$ , se realizó un ANDEVA sobre el diseño factorial (Anexo 9.2.3) y se determinaron diferencias significativas debido al tamaño de partícula ( $p = 0,0232$ ) y al grado de sustitución ( $p = 0,0003$ ). Lo anterior podría deberse a que la harina fina, al tener un tamaño de partícula menor y por tanto un área superficial mayor, puede distribuirse con mayor facilidad en la pasta cárnica y brindar mayor valor para el parámetro  $a^*$  al aumentar la saturación en el medio. Estos resultados son contrarios a lo que indica Choi *et al.* (2011), quien reporta una reducción de parámetro en geles de carne de cerdo crudos y cocidos con niveles crecientes de fibra de salvado de arroz, al igual que en otros productos cárnicos bajos en grasa con adición de película avellana (Turhan *et al.*, 2005).

Según los resultados obtenidos, se tiende a más amarillo ( $+b^*$ ) que a menos amarillo ( $-b^*$ ), es decir a azul, como se menciona en la literatura (Choi *et al.*, 2011; Kaack & Pedersen, 2005; Turhan *et al.*, 2005). Además, se determinaron diferencias significativas entre el control y los demás geles sustituidos, pero no entre los geles sustituidos (Figura 17.c). Este comportamiento puede deberse a que en el gel control existe una mayor cantidad de grasa y, por lo tanto, una mayor concentración de pigmentos como carotenoides. Estos suelen aumentar la intensidad del parámetro  $b^*$  en los productos, así, al reducirse el contenido de aceite en los demás geles, se reduce  $b^*$  en el color del producto al igual que Kaack & Pedersen (2005), quienes indican que una

reducción en el contenido graso provoca una disminución significativa de este parámetro. Estos resultados son contrarios a los citados por Choi *et al.* (2011), quienes determinaron un aumento significativo en el parámetro de color de amarillo a azul en geles de carne de cerdo crudos y cocidos con niveles crecientes de fibra de salvado de arroz, en emulsiones cárnicas sustituidas con fibra de trigo (Choi *et al.*, 2007) y en tortas de carne para hamburguesas con la adición de película de avellana (Turhan *et al.*, 2005).

De acuerdo a los valores obtenidos se determinaron diferencias significativas entre el control y los demás geles cárnicos para la intensidad de color ( $C^*$ ); siendo el gel control el que presenta una intensidad de color mayor, mientras que entre los geles sustituidos no se observaron diferencias significativas entre sí (Figura 17.d).

Los resultados en cuanto a las diferencias de intensidad de color son muy variables, por una parte Choi *et al.* (2011) afirma que las diferencias del parámetro  $C^*$  en geles crudos y cocidos aumentó con los niveles crecientes de fibra de salvado de arroz, al igual que al adicionar cáscara de tomate seco a embutidos secos (Calvo *et al.*, 2008) o al agregar un concentrado de fibra dietética a partir de melocotón en salchichas (Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999.a). Al contrario Mansour y Khalil (1999) no encontraron cambios de color en tortas para hamburguesas con fibra de trigo bajas en grasa y Dzudie *et al.*, (2002) indicaron que las diferencias de intensidad de color no fueron significativas en embutidos de carne sustituidos con harina de frijol. Estos últimos concuerdan más con lo que se determinó para los geles cárnicos sustituidos con harina de plátano con cáscara.

Además de la luminosidad visual y la intensidad de color, el ángulo de matiz ( $H^\circ$ ) es el tercer parámetro más importante en la explicación del comportamiento de los colores en el tiempo y se reporta como un ángulo entre 0 y 360° (MacDougall, 2002). Al igual que en el  $b^*$ , se determinaron diferencias significativas para los geles 3, 5 y 6, con respecto al gel control que tenía mayor  $H^\circ$  (Figura 17.e). Del análisis de varianza sobre el diseño factorial se encontró efecto del tamaño de partícula ( $p = 0,0211$ ) y el grado de sustitución ( $p = 0,0001$ ), el 2 % tiene mayor  $H^\circ$  que el gel con 4 y 6 % de sustitución. Los resultados obtenidos fueron contrarios a los mostrados por Choi *et al.* (2011) y Calvo *et al.* (2008), quienes encontraron diferencias significativas en la tonalidad, tendiendo a tonos marrón (66,89° y 81,53°) dependiendo del grado de sustitución y la naturaleza del sustituto utilizado.

En el caso de la harina de plátano verde con cáscara, el ángulo de matiz para los geles sustituidos se determinó entre 79,2° (gel 6) a 85,4° (gel 1), donde el control presentó un ángulo de 88,7°. Esta tendencia decreciente del ángulo de matiz se vio más acentuada al utilizar la harina fina debido a que se dispersa mejor en el gel cárnico, gracias a su menor tamaño de partícula y al aumentar el grado de sustitución se logra disminuir la tonalidad del gel modelo, tendiendo a tonos más amarillos.

La harina de plátano verde con cáscara es una opción para sustituir grasa, principalmente, por su composición química y características tecnofuncionales. Bajo las condiciones analizadas en esta investigación, el factor más importante a considerar en el desarrollo es el porcentaje de sustitución. Si las características de textura fuesen el factor más importante se podría usar cualquiera de las dos harinas con porcentajes de adición inferiores al 6 %, pero si además se desea reducir el impacto sobre el color, se debería usar harina fina al 4 % de adición o menos.

## VI. CONCLUSIONES

Mediante la composición proximal se determinó que ambas harinas de plátano verde con cáscara presentan altos contenidos de almidón total, lo cual influye en las propiedades tecnológicas de la harina y las propiedades físico-químicas de los geles cárnicos formulados.

Debido al alto contenido de almidón de la harina, se logró un incremento en el rendimiento de cocción y la capacidad de retención de agua en todos los geles cárnicos elaborados, sin importar el grado de sustitución ni el tipo de harina utilizado.

No se determinaron diferencias significativas debido al tamaño de partícula para los valores de pH, los parámetros de color ni los contenidos de ceniza, grasa, proteína ni almidón total.

Los tamaños de partícula analizados no influyen en la capacidad de absorción de agua, la solubilidad, el hinchamiento ni la capacidad de absorción de grasa de ninguna de las harinas. Además, los valores obtenidos para las cuatro propiedades tecnológicas indican una capacidad para adsorber agua, mas no es tan apreciable como lo es para una gran cantidad de productos que se han investigado.

Se encontraron diferencias en la textura y el color de los geles cárnicos formulados, pero al utilizar una adición de cualquiera de harinas de plátano verde con cáscara igual o inferior al 4 %, lo que corresponde a un nivel de sustitución de grasa del 20 %, se reduce el impacto sobre estas propiedades.

## VII. RECOMENDACIONES

Para utilizar la harina de plátano verde con cáscara de la variedad curraré (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) como un ingrediente funcional, podría analizarse los contenidos de fibra total, fibra soluble, fibra insoluble, almidón resistente y almidón disponible.

Sería recomendable estudiar el contenido de carbohidratos y el perfil de fibra de las cáscara de plátano verde residuales de la industria nacional de chips.

Se podría investigar otros productos en los cuales se pueda añadir la harina de plátano verde con cáscara como sustituto de grasa, con la finalidad de aprovechar los beneficios tecnológicos y nutricionales del almidón de plátano. Esto sin recurrir a su aislamiento a partir de producto excedente o rechazado debido a que resultaría un proceso mucho más difícil, lento y costoso.

Si la harina de plátano verde con cáscara de la variedad curraré (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) se utilizara como ingrediente funcional en productos cárnicos, resultaría recomendable realizar un Análisis de digestibilidad in vitro en estos productos para evaluar su velocidad de digestión y su potencial nutricional.



## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- ABDUL-HAMID, A. & LUAN, Y. 2000. Functional properties of dietary fiber prepared from defatted rice bran. *Food Chemistry*. 68: 15-19.
- AKOH, C. 1998. Fat Replacers. *Food Technology*. 52 (3): 47-53.
- AMERLING, C. 2001. *Tecnología de la carne*. Editorial UNED, San José.
- ANDINO, F. & CASTILLO, Y. 2010. *Un enfoque práctico para la inocuidad alimentaria*. Universidad Nacional de Ingeniería UNI-Norte, Estelí.
- ANDUJAR, G.; GUERRA, M. & SANTOS, .R. 2009. Extensores cárnicos. Caseinatos, coprecipitados y proteínas de suero. *Mundo lácteo y cárnico*. INTERNET. Disponible en la página Web: [http://www.alimentariaonline.com/media/MLC030\\_extensores.pdf](http://www.alimentariaonline.com/media/MLC030_extensores.pdf) Consulta: 03/04/13.
- AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). 1990.a. Official methods of analysis of AOAC international 920.85. Fat (Crude) or Ether Extract in Flour. AOAC Intenational.
- AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). 1990.b. Official methods of analysis of AOAC international 923.03. Ash on Flour. AOAC Intenational.
- AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). 1990.c. Official methods of analysis of AOAC international 925.09. Solids (Total) and Loss on Drying (Moisture) in Flour. Vacuum Oven Method. AOAC Intenational.
- AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). 1990.d. Official methods of analysis of AOAC international 962.09. Fiber (crude) in animal feed and pet food. Ceramic fiber filter method. AOAC Intenational.
- ARAYA, J. 2008. *Agrocadena de Plátano. Caracterización de la Agrocadena*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección Regional Huetar Norte. INTERNET. Disponible en la página Web: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00082.pdf> Consulta: 07/09/11.

- ARCILA, M. 2002. Poscosecha, industrialización y uso de subproductos del plátano. Capacitación tecnológica para el mejoramiento del agronegocio del plátano en el eje cafetero. Corpoica Regional Nueve. 9: 2-23.
- ARCILA, M.; GIRALDO, G.; CELIS, F. & DUARTE, J. 2002. Cambios físicos y químicos durante la maduración del plátano dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*) en la región cafetera central colombiana. Association Pour la Cooperation des Recherches et du Developpement Integral des Musaceae (ACORBAT). 27 de octubre al 02 de noviembre 2002: 455-463.
- AUORE, G.; PARFAIT, B. & FAHRASMANE, L. 2008. Bananas, raw materials for making processed food products. Trends in Food Science & Technology. 20: 1-13.
- BCR (BANCO DE COSTA RICA). 2013. Tipo de cambio del dólar. INTERNET. Disponible en la página Web: <http://www.bancobcr.com/> Consulta: 12/02/13.
- BAQUERO, C. & BERMÚDEZ, A. 1998. Los residuos vegetales de la industria de jugo de maracuyá como fuente de fibra dietética. Temas en tecnología de alimentos. Volumen 2. 1 ed. CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), México.
- BARRANTES, R. 2009. Elaboración de un fetuccini a partir de plátano (*Musa AAB* cultivar Cemsa ¾). Determinación de la concentración de almidón resistente, disponible y total durante su proceso de elaboración, evaluación de agrado, parámetros de textura relacionados con calidad y contenido de fibra dietética del producto final. Trabajo Final de Graduación presentado para optar por el grado de Licenciatura en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, San José.
- BARRERA, J.; ARRAZOLA, G. & CAYÓN, D. 2010. Caracterización fisicoquímica y fisiológica del proceso de maduración de plátano Hartón (*Musa AAB Simmonds*) en dos sistemas de producción. Acta Agronómica. 59: 20-29.
- BELITZ, H. & GROSCH, W. 1997. Química de los alimentos. 2 ed. ACRIBIA, Zaragoza.

- BILESKI, L. & MULINARI, A. 1996. Alimentos para fins especiais: Dietéticos. 1 ed. Livraria VARELA, São Paulo.
- BIOVERSITY INTERNATIONAL. 2007. Propuesta: Mejoramiento de la calidad de vida de comunidades rurales en cuatro países de América Latina y el Caribe, a través de innovaciones tecnológicas en la producción, procesamiento agroindustrial y mercadeo del plátano. INTERNET. Disponible en la página Web: <http://bananas.bioiversityinternational.org/en/what-we-do-mainmenu-27/processing-aamp-marketing-mainmenu-100.html> Consulta: 07/09/11.
- BORTOLUZZI, R. 2009. Avaliação de fibra da polpa da laranja na elaboração de mortadela de frango. Tese para obtenção do grau de Doutor em Ciência dos Alimentos. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BORTOLUZZI, R.; SHIMOKOMAKI, M. & MARANGONI, C. 2005. Avaliação das Características Funcionais da Fibra de Laranja para Aplicação em Emulsões de Carne de Frango. Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes. Carne & Saúde. 6: 1-3.
- BRENNAN, J. & BURGOS, J. 1998. Operaciones de la ingeniería de los alimentos. 3 ed. ACRIBIA, Zaragoza.
- BREWER, S. 2012. Reducing the fat content in ground beef without sacrificing quality: A review. Meat Science. 91: 385-395.
- BROWN, T.; LeMAY, H.; BURSTEN, B. & BURDGE, J. 2004. Química. La ciencia central. 9 ed. Prentice Hall - Pearson Educación, México.
- CALVO, M.; GARCÍA, M. & SELGAS, M. 2008. Dry fermented sausages enriched with lycopene from tomato peel. Meat Science. 80 (2): 167-172.
- CHAU, C.; WANG, Y. & WEN, Y. 2007. Different micronization methods significantly improve the functionality of carrot insoluble fibre. Food Chemistry. 100: 1402–1408.

- CHEVANCE, F.; FARMER, L.; DESMOND, E.; NOVELLI, E.; TROY, D. & CHIZZOLINI, R. 2000. Effect of some fat replacer on the release of volatile aroma compounds from low-fat meat products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 48: 3476-3484.
- CHANG, H. & CARPENTER, J. 1997. Optimizing Quality of Frankfurters Containing Oat Bran and Added Water. *Journal of Food Science*. 62: 194-202.
- CHOI, Y.; CHOI, J.; HAN, D.; KIM, H.; LEE, M.; KIM, H.; JEONG, J. & KIM, C. 2011. Effects of rice bran fiber on heat-induced gel prepared with pork salt-soluble meat proteins in model system. *Meat Science*. 88: 59-66.
- CHOI, Y.; PARK, K.; KIM, H.; SONG, D.; LEE, S.; CHOI, J. & KIM, C. 2007. Effects of wheat fiber on the quality of meat batter. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 27 (1): 22 - 28.
- CIENCIA Y SALUD. 2012. ¿Qué son los nutraceuticos? INTERNET. Disponible en la página Web: [http://cienciaysalud.laverdad.es/5\\_3\\_88.html](http://cienciaysalud.laverdad.es/5_3_88.html) Consulta: 16/01/12.
- CIGA (COMISIÓN INTERSECTORIAL DE GUÍAS ALIMENTARIAS PARA COSTA RICA). 2010. Guías Alimentarias para Costa Rica. INTERNET. Disponible en la página Web: [http://www.sais.ucr.ac.cr/pdf/Guia\\_alimentaria\\_2010.pdf](http://www.sais.ucr.ac.cr/pdf/Guia_alimentaria_2010.pdf) Consulta: 26/09/12.
- CITA (CENTRO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS). 2009. Nitrógeno total por el método de Kjeldahl utilizando equipo Foss Tecator. AQCITA-M003. Emisión N° 1. San José.
- CITA (CENTRO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS). 2005. Almidón por método enzimático. AQCITA-M018. Emisión N° 3. San José.
- COA, M.; BELLOSO, G.; CABELLO, M. & COLIVET, J. 2009. Evaluación de un alimento tipo galleta elaborado con harina de maíz (*Zea mays L.*), plátano (*Musa paradisiaca L.*) y garbanzo (*Cicer arietinum*). *Ciencia y Tecnología de los Alimentos*. III Congreso: 73-80.

- CODEX ALIMENTARIUS. 1989. Directrices generales del Codex para la utilización de productos proteínicos vegetales en los alimentos. INTERNET. Disponible en la página Web: [http://www.codexalimentarius.net/download/standards/324/CXS\\_174s.pdf;jsessionid=9EBEDC7270F1A10B58B5C19D8D28C80A](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/324/CXS_174s.pdf;jsessionid=9EBEDC7270F1A10B58B5C19D8D28C80A) Consulta: 02/11/11.
- CODEX ALIMENTARIUS. 1985. Norma del Codex para la harina de trigo. CODEX STAN 152-1985. INTERNET. Disponible en la página Web: <http://www.codexalimentarius.org/standards/list-of-standards/es/?provide=standards&orderField=fullReference&sort=asc&num1=CODEX> Consulta: 12/02/13.
- COFRADES, S.; LÓPEZ-LÓPEZ, I.; SOLAS, M.; BRAVO, L. & JIMÉNEZ-COLMENERO, F. 2008. Influence of different types and proportions of added edible seaweeds on characteristics of low-salt gel/emulsion meat systems. *Meat Science*. 79 (4): 767-776.
- CORBANA (CORPORACIÓN BANANERA NACIONAL). 2012. Costa Rica y la Industria Bananera. INTERNET. Disponible en la página Web: [http://www.corbana.co.cr/cr\\_ubicacion.shtml](http://www.corbana.co.cr/cr_ubicacion.shtml) Consulta: 16/01/12.
- CORDERO, M. 2010. Factores que afectan la funcionalidad del puré de chayote (*Sechium edule Sw.*) como sustituto de grasa y determinación del material de empaque idóneo para asegurar la estabilidad del producto. Trabajo Final de Graduación presentado para optar por el grado de Licenciatura en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, San José.
- COSTELL, E.; FISZMAN, S. & DURÁN, L. 1997. Temas en tecnología de alimentos. Volumen 1. CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), México.
- CUBERO, E. 2013. Utilización de purés de frutas y vegetales como sustitutos de grasa en alimentos procesados (A7-014). INTERNET. Disponible en la página Web: <http://www.cita.ucr.ac.cr/CITA/Documentos/Proyectos%20vigentes%20investigacion/A7-014.pdf> Consulta: 05/02/13.

- CUBERO, N.; MONFERRER, A. & VILLALTA, J. 2002. *Aditivos Alimentarios*. Ediciones Mundiprensa, Madrid.
- DE BRUIJNE, D. & BOT, A. 2001. *Textura de los alimentos*. ACRIBIA, Zaragoza.
- DE SIMAS, K.; VIEIRA, L.; PODESTÁ, R.; VIEIRA, M.; ROCKENBACH, I.; PETKOWICZ, C.; MEDEIROS, J. DE FRANCISCO, A.; AMANTE, E. & AMBONI, R. 2010. Microstructure, nutrient composition and antioxidant capacity of king palm flour: A new potential source of dietary fibre. *Bioresource Technology*. 101 (1): 5701-5707.
- DELAHAYE, P.; VÁZQUEZ, H.; HERRERA, I. & GARRIDO, R. 1998. Enriquecimiento de *Snack* de maíz y queso con fibra dietética y caroteno de harina de zanahoria elaborados por extrusión. *Temas en tecnología de alimentos*. Volumen 2. CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), México.
- DUQUE, R.; GALLARDO, N; SANTOYO, M & SÁNCHEZ, P. 1998. Efecto fisiológico de seis tipos de fibras dietéticas sobre el volumen fecal en ratas Wistar. *Temas en tecnología de alimentos*. Volumen 2. CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), México.
- DZUDIE, T.; SCHER, J. & HARDY, J. 2002. Common bean flour as an extender in beef sausage. *Journal of Food Engineering*. 52 (2): 143-147.
- EIM, V.; SIMAL, S.; ROSSELLO, C. & FEMENIA, A. 2008. Effects of addition of carrot dietary fibre on the ripening process of a dry fermented sausage (sobrassada). *Meat Science*. 80: 173-182.
- ELLEUCH, M.; BEDIGIAN, D.; ROISEUX, O.; BESBES, S. & BLECKER, C. 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*. 124: 411-421.
- ELLEUCH, M.; BESBES, S.; ROISEUX, O.; BLECKER, C.; DEROANNE, C.; DRIRA, N. & ATTIA, H. 2008. Date flesh: Chemical composition and characteristics of the dietary fibre. *Food Chemistry*. 111: 676-682.

- ELLEUCH, M., BESBES, S., ROISEUX, O., BLECKER, C., & ATTIA, H. 2007. Quality characteristics of sesame seeds and by-products. *Food Chemistry*. 103: 641-650.
- FELLOWS, P. 1994. *Tecnología del procesado de los alimentos: Principios y prácticas*. ACRIBIA, Zaragoza.
- FEMENIA, A.; LEFEBVRE, A.; THEBAUDIN, J.; ROBERTSON, J. & BOURGEOIS, C. 1997. Physical and sensory properties of model foods supplemented with cauliflower fiber. *Journal of Food Science*. 62(4): 635-639.
- FERNÁNDEZ-GINÉS, J.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; SAYAS-BARBERÁ, E.; SENDRA, E. & PÉREZ-ÁLVAREZ, J. 2004. Lemon albedo as a new source of dietary fiber: Application to bologna sausages. *Meat Science*. 67: 7-13.
- FIGUEROLA, F.; HURTADO, M.; ESTÉVEZ, A.; CHIFFELLE, I. & ASENJO, F. 2005. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*. 91: 395-401.
- FUENTES-ALVENTOSA, J.; RODRÍGUEZ-GUTIÉRREZ, G.; JARAMILLO-CARMONA, S.; ESPEJO-CALVO, S.; RODRÍGUEZ-ARCOS, R; FERNÁNDEZ-BOLAÑOS, J.; GUILLÉN-BEJARANO, R. & JIMÉNEZ-ARAUJO, A. 2009. Effect of extraction method on chemical composition and functional characteristics of high dietary fibre powders obtained from asparagus by-products. *Food Chemistry*. 113: 665-671.
- GONZÁLEZ, C., ARISTIZÁBAL, J. & ARISTIZÁBAL, M. 2009. Evaluación biológica del manejo de picudos y nematodos fitopatógenos en plátano (*Musa AAB*). *Acta Agronómica, Colombia*. 58 (4): 259-269.
- GONZÁLEZ, O. & PACHECO-DELAHAYE, E. 2006. Propiedades físicas y reológicas de la harina de banana verde (*Musa AAA*) en la elaboración de geles de piña (*Ananas comosus L. Merr.*). *Revista de la Facultad de Agronomía, Maracay*. 3: 27 -40.
- GREASER, M. & PEARSON, A. 2001. *Textura de los alimentos*. ACRIBIA, Zaragoza.

- GRIGELMO-MIGUEL, N.; GORINSTEIN, S. & MARTÍN-BELLOSO, O. 1999.a. Characterisation of peach dietary fibre concentrate as a food ingredient. *Food Chemistry*. 65: 175-181.
- GRIGELMO-MIGUEL, N.; CARRERAS-BOLADERAS, E. & MARTIN-BELLOSO, O. 1999.b. Development of high-fruit-dietary-fibre muffins. *European Food Research and Technology*. 210: 123-128.
- GRIGELMO-MIGUEL, N. & MARTINA-BELLOSO, O. 1999. Characterization of dietary fibre from orange juice extraction. *Food Research International*. 131: 355-361.
- GÜEMES, N. 2007. Utilización de los derivados de cereales y leguminosas en la elaboración de productos cárnicos. *Revista Nacameh*. 1 (2): 110-117.
- HERNÁNDEZ, H. & GALLARDO, Y. 1998. Composición parcial de polisacáridos de las fibras de chayote, brócoli y mamey. *Temas en tecnología de alimentos. Volumen 2. CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), México.*
- HERNÁNDEZ, L. & VIT, P. 2009. El plátano: Un cultivo tradicional con importancia nutricional. *Revista del Colegio de Farmacéuticos del Estado Mérida, Venezuela*. 2: 11-14.
- HERNÁNDEZ, J.; CAÑIZARES, A.; BLANCO, G.; ARRIECHE, I.; PÉREZ, A.; SALAZAR, C. & GONZÁLEZ, M. 2009. Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en harinas de clones de musáceas comestibles (*Musa spp.*). *Revista 449 UDO Agrícola, Venezuela*. 9 (2): 449-457.
- HERRERA, C.; BOLAÑOS, N. & LUTZ, G. 2003. *Química de Alimentos. Manual de Laboratorio.* Universidad de Costa Rica, San José.
- HERRERA, I.; GONZÁLEZ, E. & ROMERO, J. 1998. Fibra dietética soluble, insoluble y total en leguminosas crudas y cocidas. *Temas en tecnología de alimentos. Volumen 2. CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), México.*
- HUANG, S.; SHIAU, C.; LIU, T.; CHU, C. & HWANG, D. 2005. Effects of rice bran on sensory and physico-chemical properties of emulsified pork meatballs. *Meat Science*. 70: 613-619.



- HUNG-CHIA, C. & CARPENTER, J. 1997. Optimizing quality of Frankfurters containing oat bran and added water. *Journal of Food Science*. 62: 194-202.
- IBARZ, A.; BARBOSA, G.; GARZA, S. & GIMENO, V. 2000. *Métodos experimentales en la ingeniería alimentaria*. ACRIBIA, Zaragoza.
- INFOAGRO. 2012. El cultivo del plátano. INTERNET. Disponible en la página Web: [http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/platano.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm) Consulta: 24/09/12.
- ISLAS, J.; RODRÍGUEZ, S.; AGAMA, E.; PACHECO, G. & BELLO, L. 2007. Evaluación de algunas propiedades químicas de un polvo rico en fibra preparado a partir de harina integral de plátano. IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. ICA. México. 1: 115-121.
- ISSA, M.; SAJID, M. MUHAMMAD, F.; SAMEEN, A.; REHAMAN, A. & TARIQ, W. 2011. Meat as a functional food with special reference to probiotic sausages. *Food Research International*. 44: 3125–3133.
- JIMÉNEZ, A. 2008. Usos alternativos del chayote (*Sechium edule Sw.*): Elaboración y aplicación de un puré de chayote como sustituto de grasa en alimentos. Trabajo Final de Graduación presentado para optar por el grado de Licenciatura en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, San José.
- KAACK, K. & PEDERSEN, L. 2005. Application of by-products from industrial processing of potato flour and yellow peas as ingredients in low-fat high-fibre sausages. *European Food Research and Technology*. 221: 313-319.
- KIRK, R.; SAWYER, R. & EGAN, H. 2009. *Composición y análisis de los alimentos de Pearson*. 2 ed. Grupo Editorial Patria, México.
- KOCHER, P. & FOEGEDING, E. 1997. Microcentrifuge-based method for measuring water-holding of protein gels. *Journal of Food Science*. 58 (5): 1040-1046.

- KUMAR, M. & SHARMA, B. 2004. The storage stability and textural, physico-chemical and sensory quality of low-fat ground pork patties with Carrageenan as fat replacer. *International Journal of Food Science and Technology*. 39: 31-42.
- KUNTZ, L. 1996. Where is fat reduction going? INTERNET. Disponible en la página Web: [http://www.foodproductdesign.com/articles/465/465\\_0396cs.html](http://www.foodproductdesign.com/articles/465/465_0396cs.html) Consulta: 05/02/13.
- LARISSA, M. 2006. Extensores Cárnicos: Consideraciones de funcionalidad y valor nutricional. Mundo lácteo y cárnico. INTERNET. Disponible en la página Web: [http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MLC010\\_EXTENCARNICOS\\_F.pdf](http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MLC010_EXTENCARNICOS_F.pdf) Consulta: 05/04/13.
- LARISSA, M. 2005. Funcionalidad de las carrageninas en productos cárnicos: Factores que afectan la solubilidad. Mundo lácteo y cárnico. INTERNET. Disponible en la página Web: [http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MLC009\\_CARRAGENINA.pdf](http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MLC009_CARRAGENINA.pdf) Consulta: 03/04/13.
- LAUSTEN, K. 2007. Doble función de la carragenina en carnes preparadas. Mundo lácteo y cárnico. INTERNET. Disponible en la página Web: [http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MLC020\\_CARRA.pdf](http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MLC020_CARRA.pdf) Consulta: 05/04/13.
- LEWIS, M. 1993. Propiedades físicas de los alimentos. ACRIBIA, Zaragoza.
- LINDEN, G. & LORIENT, D. 1996. Bioquímica agroindustrial. Revalorización alimentaria de la producción agrícola. ACRIBIA, Zaragoza.
- LÓPEZ, G.; ROS, G.; RICÓN, F.; PERIAGO, M.; MARTÍNEZ, M. & ORTUÑO, J. 1996. Relationship between physical and hydration properties of soluble and insoluble fiber of artichoke. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 44: 2773-2778.
- LÓPEZ-LÓPEZ, I.; BASTIDA, S.; RUIZ-CAPILLAS, C.; BRAVO, L.; LARREA, M.; SÁNCHEZ-MUNIZ, F.; COFRADES, S. & JIMÉNEZ-COLMENERO, F. 2009. Composition and antioxidant capacity

of low-salt meat emulsion model systems containing edible seaweeds. *Meat Science*. 83 (3): 492-498.

MacDOUGALL, D. 2002. *Colour in food*. 1 ed. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, Boston.

MAG (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA). 2007. Plan Estratégico de la cadena productiva de Plátano. INTERNET. Disponible en la página Web: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00044.pdf> Consulta: 07/09/11.

MANSOUR, E. & KHALIL, A. 1999. Characteristics of low-fat beef burgers as influenced by various types of wheat fibres. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 79 (4): 493-498.

MAZZEO, M.; LEÓN, L.; MEJÍA, L.; ENITH, L. & BOTERO, J. 2010. Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el departamento de Caldas. *Educación en Ingeniería*. 9: 128-139.

MEIC (MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMERCIO). 1967. RTCR 14: 1958. Norma oficial para harina de trigo. INTERNET. Disponible en la página Web: <http://reventazon.meic.go.cr/informacion/onnum/normas/14.pdf> Consulta: 26/09/12.

MINISTERIO DE SALUD. 1997. Guías Alimentarias para la Educación en Costa Rica. INTERNET. Disponible en la página Web: [http://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores\\_en\\_salud/guiasalimentarias/guias%20alimentarias.pdf](http://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores_en_salud/guiasalimentarias/guias%20alimentarias.pdf) Consulta: 26/09/12.

MOLINA, G. 2001. *Bananos - Alimentos y Riqueza*. Publicaciones INIBAP. Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano, Montpellier. INTERNET. Disponible en la página Web: <http://bananas.bioversityinternational.org/> Consulta: 07/09/11.

MOREL, V. 2000. Estilos de vida saludable: actividad física. INTERNET. Disponible en la página Web: <http://www.saludpublica.ucr.ac.cr/Libro/07%20Estilos%20de%20vida.pdf> Consulta: 07/12/12.

- MUÑOZ, C. & VARGAS, E. 2006. Manejo de Sigatoka negra (*Mycosphaerella Fijiensis* var. *Difformis* Morelet) en plátano cv. "Curarré" en San Carlos, Zona Norte. Tecnología en Marcha. Vol. 18 (3): 38-52.
- MURILLO, F. & PACHECO, C. 1994. Atlas Agropecuario de Costa Rica. Editorial UNED, San José.
- PACHECO-DELAHAYE, E. & TESTA, G. 2005. Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo y plátano verde. Interciencia. 30 (5): 300-304.
- PERIAGO, M. s.f. Técnicas analíticas en carne y productos cárnicos. INTERNET. Disponible en la página Web: <http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-y-control-alimentario-1/practicas-1/protocolos-control-de-calidad-carnicos.pdf> Consulta: 05/02/13.
- PIETRASIK, Z. 2003. Binding and textural properties of beef gels processed with  $\kappa$ -carrageenan, egg albumin and microbial transglutaminase. Meat Science. 63 (3): 317-324.
- PINERO, M.; FERRER, M.; ARENAS, L.; HUERTA-LEIDENZ, N.; PARRA, K. & ARAUJO, S. 2008. Atributos sensoriales y químicos de un producto cárnico ligero formulado con fibra soluble de avena. Mundo lácteo y cárnico. Septiembre/Octubre: 19-23.
- 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 fibre. Journal of Food Engineering. 72: 281-286.
- RESTREPO, D. 2002. Alternativas de industrialización del plátano. Una propuesta. Conferencia Magistral en Cartagena de Indias, Colombia. Association Pour la Cooperation des Recherches et du Developpement Integral des Musaceaes (ACORBAT). 1: 541-551.
- RODRÍGUEZ, R.; PANTEADO, N. & JOERKE, C. 1998. Caracterização físico-química da banana nanica. Temas en tecnología de alimentos. Volumen 2. CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), México.
- ROJAS, L. & SOLANO, V. 2010. Políticas y acciones Agrocadena Productiva de Plátano. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y la Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial

Agropecuaria (SEPSA). INTERNET. Disponible en la página Web:  
[http://www.infoagro.go.cr/SEPSA/documentacion/agrocadenas/politica\\_platano.pdf](http://www.infoagro.go.cr/SEPSA/documentacion/agrocadenas/politica_platano.pdf)

Consulta: 24/09/12.

ROSENTHAL, A. 2001. Textura de los alimentos. ACRIBIA, Zaragoza.

RTCA (REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO). 2006. NSO RTCA 67.01.15:06. Harinas. Harina de trigo fortificada. Especificaciones. INTERNET. Disponible en la página Web:  
[http://www.puntofocal.gov.ar/notific\\_otros\\_miembros/slv90\\_t.pdf](http://www.puntofocal.gov.ar/notific_otros_miembros/slv90_t.pdf) Consulta: 21/09/11.

RUALES, J. & ZUMBA, J. 1998. Cuantificación y caracterización de fibra dietética en frutas y hortalizas ecuatorianas. Temas en tecnología de alimentos. Volumen 2. CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), México.

SAG (SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DE HONDURAS). s.f. Plátano: Ficha Técnica. INTERNET. Disponible en la página Web:  
<http://www.sag.gob.hn/infoagro/cadenas/fichas/Ficha%20tecnica%20platano.pdf>  
Consulta: 24/09/12.

SÁNCHEZ-ALONSO, I.; HAJI-MALEKI, R. & BORDERIAS, A. 2007. Wheat fiber as a functional ingredient in restructured fish products. Food Chemistry. 100: 1037-1043.

SANGNARK, A., & NOOMHORM, A. 2003. Effect of particle sizes on functional properties of dietary fibre prepared from sugarcane bagasse. Food Chemistry. 80: 221–229.

SANDROU, D. & ARVANITTOYANNIS, I. 2000. Low-fat/Calorie foods: Current state and perspectives. Food Science and Nutrition. 40 (5): 427-447.

SEDÓ, P. 2002. El mercado de los alimentos funcionales y los nuevos retos para la educación alimentaria nutricional. Revista Costarricense de Salud Pública. 11 (20): ISSN 1409-1429 (versión impresa).

- SEPSA (SECRETARÍA EJECUTIVA DE PLANIFICACIÓN SECTORIAL AGROPECUARIA). 2011. Boletín agropecuario No. 21. INTERNET. Disponible en la página Web: <http://www.infoagro.go.cr/BEA21/boletin21.pdf> Consulta: 24/09/12.
- SEPSA (SECRETARÍA EJECUTIVA DE PLANIFICACIÓN SECTORIAL AGROPECUARIA). 2004. Boletín agropecuario No. 15. INTERNET. Disponible en la página Web: [http://www.infoagro.go.cr/boletin\\_15/default.htm](http://www.infoagro.go.cr/boletin_15/default.htm) Consulta: 24/09/12.
- SMEWING, J. 2001. Textura de los alimentos. ACRIBIA, Zaragoza.
- SMITH, A. 2001. Textura de los alimentos. ACRIBIA, Zaragoza.
- SMITH, E. & VELÁZQUEZ, M. 2004. Opciones tecnológicas para la producción del plátano (*Musa AAB*) para exportación en la región Atlántica de Costa Rica. Ministerios de Agricultura y Ganadería (MAG). INTERNET. Disponible en la página Web: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/manual\\_platano\\_creditos.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/manual_platano_creditos.pdf) Consulta: 07/09/11.
- SOMEYA, S.; YOSHIKI, Y. & OKUBO, K. 2002. Antioxidant compounds from bananas (*Musa Cavendish*). Food Chemistry. 79: 351-354.
- SOTO, V. 2010. Cuantificación de almidón total y de almidón resistente en harina de plátano verde (*Musa Cavendishii*) y banana verde (*Musa paradisiaca*). Revista Boliviana de Química. 27 (2): 94-99.
- STABLE MICRO SYSTEMS. 2003. Getting started guide: TA-XT Plus texture analyser/texture exponent software. Surrey.
- TAMAYO, Y. & BERMÚDEZ, A. 1998. Los residuos vegetales de la industria de jugo de naranja como fuente de fibra dietética. Temas en tecnología de alimentos. Volumen 2. CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), México.

- TAPIA, M. 2005. Estructura, clasificación y función fisiológica del almidón resistente. Trabajo Final de Graduación para optar por el título profesional de Químico Farmacobiólogo. Universidad de Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.
- TOKUSOGLU, Ó. & KEMAL, M. 2003. Fat replacers in meat products. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2 (3): 196-203.
- TOVAR, A. 2003. Guía de procesos para la elaboración de productos cárnicos. CAB, Bogotá.
- TURHAN, S.; SAGIR, I.; & USTUN, N. 2005. Utilization of hazelnut pellicle in low-fat beef burgers. *Meat Science*. 71 (2): 312-316.
- UBANDO-RIVERA, J.; NAVARRO-OCAÑA, A. & VALDIVIA-LÓPEZ, M. 2005. Mexican lime peel: Comparative study on contents of dietary fibre and associated antioxidant activity. *Food Chemistry*. 89: 57-61.
- USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE). 2004. INTERNET. Disponible en la página Web: <http://www.fns.usda.gov/fdd/facts/hhpfacts/sp-FS-Applesaucecannedunsweetened.pdf> Consulta: 05/02/13.
- USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE). 1988. Standards for frankfurters and similar cooked sausages. *Fed*. 53 (50): 8425-8428.
- VERGARA-VALENCIA, N.; GRANADOS-PÉREZ, E.; AGAMA-ACEVEDO, E.; TOVAR, J.; RUALES, J. & BELLO-PÉREZ, L. 2007. Fibre concentrate from mango fruit: Characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*. 40 (1): 722-729.
- VILLALOBOS, M. 2008. Elaboración de un puré de papaya híbrido Pococí para sustituir grasa en quequitos y "cheese cake". Trabajo Final de Graduación presentado para optar por el grado de Licenciatura en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, San José.

- ZAMBRANO, M. & GALLARDO, Y. 1998. Establecimiento de condiciones de extrusión de un producto rico en fibra: col y avena. Temas en tecnología de alimentos. Volumen 2. CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), México.
- ZAMBRANO, M.; HERNÁNDEZ, A. & GALLARDO, Y. 1998. Caracterización fisicoquímica del nopal. Temas en tecnología de alimentos. Volumen 2. CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), México.
- ZHA, X.; WANG, J.; YANG, X.; LIANG, H.; ZHAO, L. & BAO, S. 2009. Antioxidant properties of polysaccharide fraction with different molecular mass extracted with hot-water from rice bran. Carbohydrate Polymers. 78: 570-575.



## IX. ANEXOS

### 9.1 Cuadros de resultados

#### 9.1.1 Caracterización de la harina

**Cuadro XVII. Valores de pH obtenidos para la harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Muestra	Lote	Réplica	pH	Temperatura (°C)
Harina Gruesa	1	1	6,10	23,3
		2	6,10	23,3
		3	6,10	23,3
	2	1	6,10	23,8
		2	6,09	23,8
		3	6,06	24,0
	3	1	6,11	24,4
		2	6,09	23,6
		3	6,08	25,0
Harina Fina	1	1	6,00	23,4
		2	5,99	23,7
		3	5,99	23,9
	2	1	6,03	24,1
		2	6,04	24,4
		3	6,05	24,4
	3	1	6,12	25,4
		2	6,11	25,2
		3	6,14	25,0

**Cuadro XVIII. Contenido promedio de proteína en la harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Muestra	Lote	Porcentaje de proteína (%)	
		Base húmeda	Base seca
Harina Gruesa	1	3,90	4,04
	2	3,40	3,46
	3	3,70	3,83
Harina Fina	1	3,50	3,60
	2	3,10	3,14
	3	3,60	3,71

**Cuadro XIX. Datos obtenidos para la determinación de humedad en la harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Muestra	Lote	Réplica	M <sub>cápsula</sub> (g)	M cápsula+muestra (g)	M <sub>muestra</sub> (g)	M <sub>cápsula+residuo</sub> (g)	Porcentaje de humedad (%)
Harina Gruesa	1	1	9,7798	14,7728	4,9930	14,6069	3,32
		2	10,5077	15,5037	4,9960	15,3201	3,67
		3	11,0872	16,0815	4,9943	15,9108	3,42
	2	1	10,2726	15,2775	5,0049	15,1511	2,53
		2	9,9632	14,9627	4,9995	14,8001	3,25
		3	10,6955	15,6965	5,0010	15,5152	3,63
	3	1	10,2002	15,1949	4,9947	14,9907	4,09
		2	11,1998	16,1105	4,9107	15,8909	4,47
		3	10,4100	15,4127	5,0027	15,1748	4,76
Harina Fina	1	1	11,6958	16,6980	5,0022	16,5000	3,96
		2	10,2058	15,2051	4,9993	14,9974	4,15
		3	10,7545	15,7513	4,9968	15,5364	4,30
	2	1	10,2625	15,2625	5,0003	15,1201	2,85
		2	11,4779	16,4783	5,0004	16,3254	3,06
		3	10,4479	15,4470	4,9991	15,3230	2,48
	3	1	10,2711	15,2727	5,0016	15,0590	4,27
		2	12,1295	16,1242	3,9947	15,9625	4,05
		3	11,4926	16,4952	5,0026	16,2782	4,34

**Cuadro XX. Contenidos promedio de almidón total en la harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Muestra	Lote	Porcentaje de almidón (%)	
		Base húmeda	Base seca
Harina Gruesa	1	64,40	66,72
	2	63,90	64,99
	3	71,40	73,93
Harina Fina	1	66,30	68,14
	2	66,30	67,13
	3	71,40	73,55

**Cuadro XXI. Datos obtenidos para la determinación de cenizas en la harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Muestra	Lote	Réplica	M <sub>crisol</sub> (g)	M <sub>crisol+muestra</sub> (g)	M <sub>muestra</sub> (g)	M <sub>crisol+residuo</sub> (g)	M <sub>residuo</sub> (g)	Porcentaje de cenizas (%)	
								Base húmeda	Base seca
Harina Gruesa	1	1	27,1743	32,1901	5,0158	27,3309	0,1566	3,12	3,23
		2	34,0385	39,0747	5,0362	34,1968	0,1583	3,14	3,26
		3	33,0531	38,0708	5,0177	33,2098	0,1567	3,12	3,23
	2	1	27,1787	32,1853	5,0066	27,3571	0,1784	3,56	3,31
		2	34,0438	39,0588	5,0150	34,2220	0,1782	3,55	3,31
		3	33,0582	38,0694	5,0112	33,2352	0,1770	3,53	3,24
	3	1	27,1809	32,1892	5,0083	27,3437	0,1628	3,25	3,61
		2	34,0459	39,0596	5,0137	34,2094	0,1635	3,26	3,62
		3	33,0603	38,0729	5,0126	33,2250	0,1647	3,29	3,59
Harina Fina	1	1	31,9785	36,9853	5,0068	32,1402	0,1617	3,23	3,04
		2	28,8786	33,8831	5,0045	29,0393	0,1607	3,21	3,06
		3	33,4161	38,4243	5,0082	33,5742	0,1581	3,16	3,06
	2	1	31,9836	36,9919	5,0083	32,1346	0,1510	3,01	3,35
		2	28,8832	33,8919	5,0087	29,0347	0,1515	3,02	3,38
		3	33,4217	38,4231	5,0014	33,5721	0,1504	3,01	3,42
	3	1	31,9858	36,9951	5,0093	32,1491	0,1633	3,26	3,36
		2	28,8848	33,8981	5,0133	29,0478	0,1630	3,25	3,34
		3	33,4233	38,4940	5,0707	33,5894	0,1661	3,28	3,38

**Cuadro XXII. Datos obtenidos para la determinación de grasa en la harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Muestra	Lote	Réplica	M <sub>balón</sub> (g)	M <sub>muestra</sub> (g)	M <sub>balón+residuo</sub> (g)	M <sub>residuo</sub> (g)	Porcentaje de grasa
							BS (%)
Harina Gruesa	1	1	110,1449	2,0140	110,1700	0,0251	1,25
		2	110,8010	2,0225	110,8203	0,0193	0,95
		3	112,9564	2,0231	112,9765	0,0201	0,99
	2	1	95,4540	2,0042	95,4736	0,0196	0,98
		2	94,8038	2,0067	94,8259	0,0221	1,10
		3	95,6794	2,0082	95,7012	0,0218	1,09
	3	1	109,4071	2,0095	109,4297	0,0226	1,12
		2	110,8011	2,0098	110,8270	0,0259	1,29
		3	111,6979	2,0031	111,7262	0,0283	1,41
Harina Fina	1	1	111,6985	2,0327	111,7053	0,0068	0,33
		2	104,9889	2,0175	105,0001	0,0112	0,56
		3	97,6576	2,0307	97,6730	0,0154	0,76
	2	1	93,8176	2,0067	93,8348	0,0172	0,86
		2	95,2609	2,0060	95,2804	0,0195	0,97
		3	94,0081	2,0035	94,0267	0,0186	0,93
	3	1	97,6524	2,0024	97,6782	0,0258	1,29
		2	110,1405	2,0050	110,1699	0,0294	1,47
		3	115,0600	2,0012	115,0863	0,0263	1,31

**Cuadro XXIII. Datos obtenidos para la determinación del color en la harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Gel	Lote	Réplica	L*	a*	b*	C*	H°	ΔE*
		Calibración	53,38	-26,34	12,53	29,16	154,56	
Harina gruesa	1	1	76,88	1,98	9,63	9,83	78,37	36,91
		2	76,51	2,27	9,44	9,71	76,45	36,92
		3	76,51	2,43	9,32	9,63	75,37	37,05
		4	76,96	1,30	10,19	10,28	82,74	36,40
		5	77,09	1,09	10,39	10,45	84,04	36,31
	2	1	72,83	3,30	10,51	11,02	72,57	35,51
		2	72,90	3,15	10,65	11,11	73,51	35,41
		3	73,38	2,20	11,46	11,67	79,15	34,86
		4	72,86	3,31	10,56	11,06	72,57	35,53
		5	72,91	3,34	10,49	11,01	72,35	35,58
	3	1	74,27	3,53	11,27	11,81	72,62	36,46
		2	74,29	3,51	11,28	11,82	72,74	36,46
		3	74,86	2,09	12,38	12,55	80,43	35,63
		4	74,29	3,42	11,36	11,86	73,26	36,38
		5	74,38	3,43	11,29	11,80	73,08	36,45
Harina Fina	1	1	76,65	2,43	9,67	9,97	75,89	37,11
		2	76,78	2,20	9,81	10,06	77,34	37,00
		3	76,63	2,41	9,65	9,95	75,96	37,09
		4	77,24	1,11	10,84	10,89	84,15	36,41
		5	76,56	2,54	9,66	9,99	75,25	37,14
	2	1	76,37	1,30	12,23	12,30	83,93	35,95
		2	75,28	3,28	10,45	10,95	72,59	36,89
		3	75,49	2,79	10,81	11,16	75,52	36,61
		4	75,97	2,27	11,29	11,52	78,65	36,47
		5	75,18	3,45	10,43	10,98	71,67	36,97
	3	1	73,05	3,46	11,54	12,04	73,32	35,72
		2	72,90	3,50	11,34	11,86	72,86	35,67
		3	73,09	3,67	11,18	11,77	71,82	35,93
		4	73,85	2,07	12,48	12,66	80,57	35,02
		5	73,18	3,45	11,32	11,84	73,04	35,79

**Cuadro XXIV. Contenido promedio de carbohidratos obtenidos por diferencia en la harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Muestra	Lote	Porcentaje de	Porcentaje de	Porcentaje de	Porcentaje de	Porcentaje de
		humedad	cenizas	grasa	proteína	carbohidratos
		BS (%)	BS (%)	BS (%)	BS (%)	BS (%)
Harina gruesa	1	3,47	3,24	1,06	4,04	88,18
	2	1,67	3,61	1,05	3,46	90,20
	3	3,42	3,38	1,28	3,83	88,10
Harina Fina	1	2,71	3,29	0,55	3,60	89,86
	2	1,23	3,05	0,92	3,14	91,66
	3	2,92	3,36	0,36	3,71	89,65

**Cuadro XXV. Datos obtenidos para el análisis granulométrico de la harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Muestra	Lote	Réplica	Tamiz	M tamiz (g)	M tamiz +residuo (g)						M retenida (g)	Análisis diferencial			Análisis acumulativo		Tamaño medio (mm)			
					5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min		Mallas	Dp (mm)	F. retenida	Apertura tamiz (mm)	F. acumulada				
Harina Gruesa	1	1	14	427,74							0,00			0		0	0			
			18	421,66	422,05	422,01					0,35	14/18	1,1940	0,006874877	1,397	0,000135040	0,003406502			
			25	399,41	401,55	401,46	401,40					1,99	18/25	0,8460	0,039088588	0,701	0,000902838	0,033068945		
			35	372,65	375,36	375,34	375,30					2,65	25/35	0,5980	0,052052642	0,495	0,001790242	0,031127480		
			45	345,94	349,01	349,01	349,01					3,07	35/45	0,4230	0,060302495	0,351	0,002206936	0,025507955		
			60	340,14	342,84	342,85	342,86					2,72	45/60	0,2985	0,053427617	0,246	0,002233944	0,015948144		
			80	330,04	335,27	335,02	334,98					4,94	60/80	0,2105	0,097033982	0,175	0,002955443	0,020425653		
			120	334,22	339,20	338,59	338,34	338,21	338,15	338,05	3,83	80/120	0,1495	0,075230799	0,124	0,003383712	0,011247005			
			170	312,57	316,13	316,07	316,11	316,09	316,12	316,11	3,54	120/170	0,1060	0,069534473	0,088	0,002843553	0,007370654			
			230	332,94	341,57	338,82	338,31	338,13	338,03	337,93	4,99	170/230	0,0750	0,098016107	0,062	0,003291113	0,007351208			
			325	314,10	327,75	327,48	327,86	328,01	328,22	328,32	14,22	230/235	0,0530	0,279316441	0,044	0,007411757	0,014803771			
			Plato	276,42	281,85	283,77	284,36	284,68	284,88	285,03	8,61	Plato	0,0220	0,169121980	0,000	0,008808455	0,003720684			
			<b>Total</b>									<b>50,91</b>			<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0,022964486</b>	<b>0,173978000</b>	
			Harina Gruesa	1	2	14	427,79							0,00			0		0	0
						18	421,73	422,09	422,04	422,01					0,28	14/18	1,1940	0,005571031	1,397	0,000110844
25	399,70	401,68				401,58	401,52					1,82	18/25	0,8460	0,036211699	0,701	0,000831332	0,030635097		
35	372,69	375,37				375,32	375,33					2,64	25/35	0,5980	0,052526860	0,495	0,001765590	0,031411062		
45	345,98	348,94				348,95	348,94					2,96	35/45	0,4230	0,058893752	0,351	0,002216884	0,024912057		
60	340,20	342,86				342,88	342,92					2,72	45/60	0,2985	0,054118583	0,246	0,002248554	0,016154397		
80	330,11	335,31				335,04	334,98					4,87	60/80	0,2105	0,096896140	0,175	0,003004670	0,020396637		
120	334,23	338,95				338,47	338,26	338,12	338,06	3,83	80/120	0,1495	0,076203741	0,124	0,003444088	0,011392459				
170	312,60	316,37				316,28	316,25	316,23	316,25	3,65	120/170	0,1060	0,072622364	0,088	0,002961124	0,007697971				
230	332,92	340,58				338,50	338,05	337,87	337,78	4,86	170/230	0,0750	0,096697175	0,062	0,003368873	0,007252288				
325	314,10	326,70				327,51	327,65	327,81	327,90	13,80	230/235	0,0530	0,274572224	0,044	0,007386976	0,014552328				
Plato	276,45	281,85				283,98	284,72	285,03	285,28	8,83	Plato	0,0220	0,175686431	0,000	0,008958588	0,003865101				
<b>Total</b>									<b>50,26</b>			<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0,023392090</b>	<b>0,171029845</b>				
Harina Gruesa	3	3				14	427,77							0,00			0		0	0
						18	421,68	422,87	422,06	422,05					0,37	14/18	1,1940	0,007366116	1,397	0,000146648
			25	399,47	402,35	401,48	401,43					1,96	18/25	0,8460	0,039020506	0,701	0,000923484	0,033011348		
			35	372,67	376,18	375,40	375,36					2,69	25/35	0,5980	0,053553653	0,495	0,001843005	0,032025085		
			45	345,94	349,74	349,00	349,04					3,10	35/45	0,4230	0,061716106	0,351	0,002294839	0,026105913		
			60	340,19	343,75	343,01	343,04					2,85	45/60	0,2985	0,056739001	0,246	0,002358254	0,016936592		
			80	330,10	336,05	335,08	335,03					4,93	60/80	0,2105	0,098148517	0,175	0,003083566	0,020660263		
			120	334,98	338,53	338,15	338,00	337,88	337,80	2,82	80/120	0,1495	0,056141748	0,124	0,003071676	0,008393191				
			170	313,37	316,46	316,34	316,32	316,32	316,30	2,93	120/170	0,1060	0,058331674	0,088	0,002278985	0,006183157				
			230	333,69	338,85	337,76	331,59	337,51	337,46	3,77	170/230	0,0750	0,075054748	0,062	0,002655513	0,005629106				
			325	314,18	328,92	328,26	328,02	328,10	328,20	14,02	230/235	0,0530	0,279116066	0,044	0,007050982	0,014793152				
			Plato	276,45	283,39	286,00	286,85	287,14	287,24	10,79	Plato	0,0220	0,214811865	0,000	0,009833325	0,004725861				
			<b>Total</b>									<b>50,23</b>			<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0,024184986</b>	<b>0,172113578</b>	

**Cuadro XXV. Datos obtenidos para el análisis granulométrico de la harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara (continuación...)**

Muestra	Lote	Réplica	Tamiz	M tamiz (g)	M tamiz +residuo (g)										M retenida (g)	Análisis diferencial			Análisis acumulativo		Tamaño medio (mm)		
					5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min	50 min		Mallas	Dp (mm)	F. retenida	Apertura tamiz (mm)	F. acumulada			
1			10	447,57											0,00			0		0	0		
			14	427,77	428,18	428,17										0,40	10/14	0,7050	0,007874016	1,410	0,000155000	0,005551181	
			18	421,74	422,52	422,46	422,43										0,69	14/18	1,1940	0,013582677	1,397	0,000267376	0,016306004
			25	399,43	402,37	402,28	402,24										2,81	18/25	0,8460	0,055314961	0,701	0,001088877	0,046796457
			35	372,65	375,86	375,75	375,71										3,06	25/35	0,5980	0,060236220	0,495	0,001185752	0,036021260
			45	345,96	349,38	349,34	349,31										3,35	35/45	0,4230	0,065944882	0,351	0,001298128	0,027894685
			60	340,17	342,67	342,69	342,71										2,54	45/60	0,2985	0,050000000	0,246	0,000984252	0,014925000
			80	330,15	335,87	335,32	335,11	334,98	334,85	334,80	334,76	334,72	334,67				4,52	60/80	0,2105	0,088976378	0,175	0,001751504	0,018729528
			120	334,34	354,51	351,81	349,65	348,71	348,21	347,56	347,64	347,58	347,54				13,20	80/120	0,1495	0,259842520	0,124	0,005115010	0,038846457
			170	312,59	313,59	313,70	313,81	313,79	313,79	313,66	313,64	313,63	313,64				1,05	120/170	0,1060	0,020669291	0,088	0,000406876	0,002190945
			230	332,93	341,59	344,88	347,36	348,66	349,36	350,29	350,84	351,01	351,11				18,18	170/230	0,0750	0,357874016	0,062	0,007044764	0,026840551
			325	314,09	314,58	314,67	314,79	314,84	314,86	314,89	314,91	314,90	314,89				0,80	230/235	0,0530	0,015748031	0,044	0,000310001	0,000834646
			Plato	276,43	276,55	276,55	276,55	276,57	276,57	276,57	276,56	276,58	276,63				0,20	Plato	0,0220	0,003937008	0,000	0,000077500	0,000086614
								<b>Total</b>										<b>50,80</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0,019685039</b>
Harina Gruesa	2	2	10	447,65											0,00			0		0			
			14	427,78	428,01	427,99	427,98									0,20	10/14	0,7050	0,003963535	1,410	0,000078548	0,002794293	
			18	421,67	422,59	422,46	422,45									0,78	14/18	1,1940	0,015457788	1,397	0,000306337	0,018557075	
			25	399,43	402,47	402,38	402,33									2,90	18/25	0,8460	0,057471264	0,701	0,001138947	0,048620690	
			35	372,66	375,79	375,70	375,67									3,01	25/35	0,5980	0,059651209	0,495	0,001182148	0,035671423	
			45	345,97	349,35	349,29	349,29									3,32	35/45	0,4230	0,065794689	0,351	0,001303898	0,027831153	
			60	340,16	342,68	342,68	342,72									2,56	45/60	0,2985	0,050733254	0,246	0,001005415	0,015143876	
			80	330,10	335,59	335,07	334,85	334,70	334,58	334,51	334,44	334,40	334,33	334,30			4,20	60/80	0,2105	0,083234245	0,175	0,001649509	0,017520809
			120	334,24	351,44	344,93	343,10	342,62	342,49	342,43	342,39	338,66	338,63	338,67			4,43	80/120	0,1495	0,087792311	0,124	0,001739840	0,013124950
			170	312,58	313,95	314,07	313,81	313,75	313,68	313,63	313,59	315,36	315,37	315,39			2,81	120/170	0,1060	0,055687673	0,088	0,001103600	0,005902893
			230	332,92	345,24	351,25	352,84	353,07	353,08	353,07	353,04	349,70	349,55	349,49			16,57	170/230	0,0750	0,328378914	0,062	0,006507707	0,024628419
			325	314,07	315,61	314,57	315,33	315,96	316,37	316,62	316,72	322,38	322,72	322,82			8,75	230/235	0,0530	0,173404677	0,044	0,003436478	0,009190448
			Plato	276,43	276,73	377,03	277,25	277,29	377,31	377,32	377,47	377,36	277,36				0,93	Plato	0,0220	0,018430440	0,000	0,000365249	0,000405470
								<b>Total</b>										<b>50,46</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0,019817677</b>
3			10	447,63											0,00			0		0			
			14	427,75	428,03	428,01										0,26	10/14	0,7050	0,005183413	1,410	0,000103338	0,003654306	
			18	421,64	422,46	422,38	422,35									0,71	14/18	1,1940	0,014154705	1,397	0,000282191	0,016992723	
			25	399,39	402,34	402,26	402,19									2,80	18/25	0,8460	0,055821372	0,701	0,001112866	0,047224880	
			35	372,64	375,79	375,70	375,64									3,00	25/35	0,5980	0,059808612	0,495	0,001192357	0,035765550	
			45	345,93	349,32	349,26	349,23									3,30	35/45	0,4230	0,065789474	0,351	0,001311592	0,027828947	
			60	340,15	342,73	342,76	342,77									2,62	45/60	0,2985	0,052232855	0,246	0,001041325	0,015591507	
			80	330,07	335,31	334,85	334,67	334,53	334,48							4,41	60/80	0,2105	0,087918660	0,175	0,001752764	0,018506878	
			120	334,25	347,34	341,52	339,41	338,93	338,77							4,52	80/120	0,1495	0,090111643	0,124	0,001796484	0,013471691	
			170	312,55	314,98	314,64	315,29	315,28	315,33							2,78	120/170	0,1060	0,055422648	0,088	0,001104917	0,005874801	
			230	332,93	347,35	351,83	351,82	350,83	349,97							17,04	170/230	0,0750	0,339712919	0,062	0,006772586	0,025478469	
			325	314,09	315,00	317,14	318,93	321,73	321,88							7,79	230/235	0,0530	0,155303030	0,044	0,003096153	0,008231061	
			Plato	276,42	276,83	277,18	277,28	277,31	277,35							0,93	Plato	0,0220	0,018540670	0,000	0,000369631	0,000407895	
								<b>Total</b>										<b>50,16</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0,019936204</b>

**Cuadro XXV. Datos obtenidos para el análisis granulométrico de la harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara (continuación...)**

Muestra	Lote	Réplica	Tamiz	M	M tamiz +residuo (g)										M	Análisis diferencial			Análisis acumulativo		Tamaño medio (mm)		
				tamiz (g)	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min	50 min	retenida (g)	Mallas	Dp (mm)	F. retenida	Apertura tamiz (mm)	F. acumulada			
1			14	427,73												0,00		0		0	0		
			18	421,66	421,80	421,78	421,75									0,09	14/18	0,4955	0,001781473	1,397	0,000035263	0,000882720	
			25	399,45	402,94	402,93	402,73	402,68								3,23	18/25	1,1940	0,063935075	0,701	0,001300803	0,054089074	
			35	372,74	376,90	376,92	376,63	376,62								3,88	25/35	0,5980	0,076801267	0,495	0,002785755	0,045927158	
			45	345,22	351,20	350,89	350,70	350,54	350,44	350,40						5,18	35/45	0,4230	0,102533650	0,351	0,003549781	0,043371734	
			60	340,18	342,08	342,13	342,20	342,23	342,28	342,29						2,11	45/60	0,2985	0,041765637	0,246	0,002856280	0,012467043	
			80	330,00	336,84	335,95	335,71	335,59	335,50	335,44						5,44	60/80	0,2105	0,107680127	0,175	0,002958151	0,022666667	
			120	334,20	334,53	363,09	363,72	363,76	363,75	363,80						29,60	80/120	0,1495	0,585906572	0,124	0,013728953	0,087593032	
			170	312,57	312,57	312,68	312,68	312,67	312,67	312,67						0,10	120/170	0,1060	0,001979414	0,088	0,011636698	0,000209818	
			230	332,91	332,91	333,47	333,64	333,70	333,70	333,70						0,79	170/230	0,0750	0,015637371	0,062	0,000348709	0,001172803	
			325	314,10	314,10	314,16	314,17	314,16	314,16	314,16						0,06	230/235	0,0530	0,001187648	0,044	0,000333037	0,000062945	
			Plato	276,45	276,45	276,50	276,50	276,49	276,49	276,49						0,04	Plato	0,0220	0,000791766	0,000	0,000039181	0,000017419	
			<b>Total</b>															<b>50,52</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0,019809813</b>	<b>0,268460412</b>
Harina Gruesa	3	2	14	427,73											0,00		0		0	0			
			18	421,66	422,10	422,02	422,03	422,01							0,35	14/18	1,1940	0,006914263	1,397	0,000136592	0,003426017		
			25	399,40	402,95	402,79	402,70	402,65	402,63						3,23	18/25	0,8460	0,063808771	0,701	0,001397136	0,053982220		
			35	372,65	376,45	376,43	376,41	376,40	376,40						3,75	25/35	0,5980	0,074081391	0,495	0,002724025	0,044300672		
			45	345,95	349,64	349,66	349,66	349,66	349,66						3,71	35/45	0,4230	0,073291189	0,351	0,002911351	0,031002173		
			60	340,18	342,11	342,21	342,30	342,37	342,40						2,22	45/60	0,2985	0,043856183	0,246	0,002314251	0,013091071		
			80	330,31	337,59	335,45	335,00	334,80	334,72						4,41	60/80	0,2105	0,087119716	0,175	0,002587434	0,018338700		
			120	334,30	362,30	361,25	360,61	360,27	360,09	358,89	358,80	358,58	358,49			24,19	80/120	0,1495	0,477874358	0,124	0,011161479	0,071442217	
			170	312,57	313,02	313,14	313,27	313,33	313,40	313,38	313,43	313,55	313,47			0,90	120/170	0,1060	0,017779534	0,088	0,009791661	0,001884631	
			230	332,97	336,62	338,18	339,07	339,57	339,94	340,25	340,52	340,66	340,72			7,75	170/230	0,0750	0,153101541	0,062	0,003375762	0,011482616	
			325	314,08	314,14	314,14	314,16	314,16	314,16	314,16	314,16	314,16	314,16			0,08	230/235	0,0530	0,001580403	0,044	0,003055748	0,000083761	
			Plato	276,47	276,51	276,51	276,50	276,50	276,50	276,50	276,50	276,50	276,50			0,03	Plato	0,0220	0,000592651	0,000	0,000042929	0,000013038	
			<b>Total</b>															<b>50,62</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0,019766745</b>	<b>0,249047116</b>
3			14	427,77											0,00		0		0	0			
			18	421,66	422,16	422,06	422,03	422,01							0,35	14/18	1,1940	0,006893835	1,397	0,000135786	0,003415895		
			25	399,42	402,83	402,66	402,54	402,50							3,08	18/25	0,8460	0,060665747	0,701	0,001330699	0,051323222		
			35	372,65	376,33	376,36	376,35	376,37							3,72	25/35	0,5980	0,073271617	0,495	0,002638120	0,043816427		
			45	346,00	349,40	349,43	349,44	349,45							3,45	35/45	0,4230	0,067953516	0,351	0,002781665	0,028744337		
			60	340,17	342,23	342,25	342,33	342,39							2,22	45/60	0,2985	0,043726610	0,246	0,002199727	0,013052393		
			80	330,16	336,33	335,16	334,84	334,72							4,56	60/80	0,2105	0,089816821	0,175	0,002630361	0,018906441		
			120	334,36	353,70	351,64	350,71	349,98	349,48	349,21	348,98	348,74	348,59	348,50		14,14	80/120	0,1495	0,278510932	0,124	0,007254831	0,041637384	
			170	312,59	313,57	313,49	313,56	313,51	313,54	313,55	313,54	313,56	313,58	313,59		1,00	120/170	0,1060	0,019696671	0,088	0,005873697	0,002087847	
			230	332,96	346,51	348,85	349,91	350,79	350,49	350,84	350,16	350,46	350,72	350,82		17,86	170/230	0,0750	0,351782549	0,062	0,007316904	0,026383691	
			325	314,09	314,23	314,27	314,31	314,31	314,32	314,32	314,35	314,35	314,39	314,39		0,30	230/235	0,0530	0,005909001	0,044	0,007045333	0,000313177	
			Plato	376,44	376,52	376,52	376,53	376,53	376,53	376,53	376,53	376,53	376,53			376,53	0,09	Plato	0,0220	0,001772700	0,000	0,000151304	0,000038999
			<b>Total</b>															<b>50,77</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0,019731588</b>	<b>0,229719815</b>

**Cuadro XXV. Datos obtenidos para el análisis granulométrico de la harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara (continuación...)**

Muestra	Lote	Réplica	Tamiz	M tamiz (g)	M tamiz +residuo (g)						M retenida (g)	Análisis diferencial			Análisis acumulativo		Tamaño medio (mm)	
					5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min		Mallas	Dp (mm)	F. retenida	Apertura tamiz (mm)	F. acumulada		
Harina Fina	1	1	20	398,03							0,00			0		0	0	
			30	383,72	383,88	383,83	383,81				0,09	20/30	0,2945	0,001777602	0,589	0,000035110	0,000523504	
			40	356,40	357,92	357,81	357,78					1,38	30/40	0,3530	0,027256567	0,117	0,000573458	0,009621568
			50	349,13	351,48	351,41	351,41					2,28	40/50	0,2060	0,045032589	0,295	0,001427793	0,009276713
			70	334,41	337,26	337,30	337,32					2,91	50/70	0,2515	0,057475805	0,208	0,002024657	0,014455165
			100	318,67	321,56	321,62	321,68					3,01	70/100	0,1775	0,059450918	0,147	0,002309436	0,010552538
			140	328,61	332,74	332,54	332,49					3,88	100/140	0,1255	0,076634406	0,104	0,002687840	0,009617618
			200	326,83	330,14	329,75	329,59	329,48	329,43			2,60	140/200	0,0890	0,051352953	0,074	0,002527896	0,004570413
			400	304,61	316,96	314,66	314,12	313,86	313,78			9,17	200/400	0,0555	0,181117914	0,037	0,004591564	0,010052044
	Plato	276,44	297,31	300,17	301,00	301,47	301,75			25,31	Plato	0,0185	0,499901244	0,000	0,013450902	0,009248473		
										<b>Total</b>			0	1	0	0,029624753	0,077917737	
		1	2	20	398,04							0,00			0,000000000	0	0	
	30			383,66	383,87	383,84					0,18	20/30	0,2945	0,003570720	0,589	0,000070834	0,001051577	
	40			356,40	358,00	357,91	357,84					1,44	30/40	0,3530	0,028565761	0,117	0,000637502	0,010083714
	50			349,13	351,52	351,43	351,42					2,29	40/50	0,2060	0,045427495	0,295	0,001467829	0,009358064
	70			334,39	337,30	337,36	337,37					2,98	50/70	0,2515	0,059115255	0,208	0,002073849	0,014867487
	100			318,67	321,65	321,67	321,73					3,06	70/100	0,1775	0,060702242	0,147	0,002376860	0,010774648
	140			328,63	332,61	332,48	332,45					3,82	100/140	0,1255	0,075778615	0,104	0,002707416	0,009510216
	200			326,84	330,01	329,64	329,48	329,38	329,32			2,48	140/200	0,0890	0,049196588	0,074	0,002479175	0,004378496
	400			304,63	317,05	314,81	314,25	313,85	313,76			9,13	200/400	0,0555	0,181114858	0,037	0,004568765	0,010051875
	Plato	276,44	307,11	299,82	300,66	301,22	301,47			25,03	Plato	0,0185	0,496528467	0,000	0,013442637	0,009185777		
										<b>Total</b>			0	1	0	0,029687135	0,157179589	
		3	3	20	398,03							0,00			0	0	0	
	30			383,67	383,89	383,88					0,21	20/30	0,2945	0,004175780	0,589	0,000083034	0,001229767	
	40			356,38	358,02	357,96					1,58	30/40	0,3530	0,031417777	0,117	0,000707766	0,011090475	
	50			349,12	351,61	351,57					2,45	40/50	0,2060	0,048717439	0,295	0,001593462	0,010035792	
	70			334,38	337,34	337,38					3,00	50/70	0,2515	0,059654007	0,208	0,002154930	0,015002983	
100	318,68			321,72	321,74					3,06	70/100	0,1775	0,060847087	0,147	0,002396124	0,010800358		
140	328,63			331,76	331,67					3,04	100/140	0,1255	0,060449394	0,104	0,002411940	0,007586399		
200	326,82			329,88	329,53	329,35	329,28	329,20	329,12		2,30	140/200	0,0890	0,045734739	0,074	0,002111436	0,004070392	
400	304,63			317,34	315,47	314,81	314,53	314,20	314,11		9,48	200/400	0,0555	0,188506661	0,037	0,004657813	0,010462120	
Plato	276,44	297,25	299,61	300,49	300,92	301,40	301,61		25,17	Plato	0,0185	0,500497117	0,000	0,013700612	0,009259197			
									<b>Total</b>			0	1	0	0,029836888	0,236717072		



**Cuadro XXV. Datos obtenidos para el análisis granulométrico de la harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara (continuación...)**

Muestra	Lote	Réplica	Tamiz	M	M tamiz +residuo (g)									M	Análisis diferencial			Análisis acumulativo		Tamaño medio (mm)				
				tamiz (g)	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	retenida (g)	Mallas	Dp (mm)	F. retenida	Apertura tamiz (mm)	F. acumulada						
Harina Fina	1	1	20	398,05										0,00			0		0	0				
			30	383,67	383,84	383,84	383,83							0,16	20/30	0,2945	0,003151467	0,589	0,000062073	0,000928107				
			40	356,41	358,11	358,01	357,98							1,57	30/40	0,3530	0,030923774	0,117	0,000671169	0,010916092				
			50	349,14	351,72	351,69	351,67							2,53	40/50	0,2060	0,049832578	0,295	0,001590631	0,010265511				
			70	334,40	337,55	337,55	337,58							3,18	50/70	0,2515	0,062635415	0,208	0,002215245	0,015752807				
			100	318,68	321,85	321,87	321,88							3,20	70/100	0,1775	0,063029348	0,147	0,002475178	0,011187709				
			140	328,67	332,71	332,53	332,45							3,78	100/140	0,1255	0,074453417	0,104	0,002707953	0,009343904				
			200	326,83	329,72	329,39	329,29	329,22	329,15	329,11				2,28	140/200	0,0890	0,044908410	0,074	0,002351031	0,003996849				
			400	304,62	317,62	314,76	314,08	313,78	313,51	313,40				8,78	200/400	0,0555	0,172936774	0,037	0,004290825	0,009597991				
			Plato	276,44	296,30	299,63	300,58	301,08	301,50	301,73				25,29	Plato	0,0185	0,498128816	0,000	0,013217758	0,009215383				
							<b>Total</b>	<b>50,77</b>										0	1	0	0,029508151	0,000000000		
			2	2	2	20	398,04									0,00			0		0	0		
						30	383,68	383,86	383,85	383,83							0,15	20/30	0,2945	0,002951013	0,589	0,000058057	0,000869073	
						40	356,42	358,11	358,01	357,97							1,55	30/40	0,3530	0,030493803	0,117	0,000657974	0,010764312	
	50	349,13				351,71	351,67	351,65							2,52	40/50	0,2060	0,049577021	0,295	0,001575267	0,010212866			
	70	334,40				337,61	337,62	337,64							3,24	50/70	0,2515	0,063741885	0,208	0,002229371	0,016031084			
	100	318,69				321,83	321,87	321,89							3,20	70/100	0,1775	0,062954948	0,147	0,002492560	0,011174503			
	140	328,64				332,64	332,49	332,45							3,81	100/140	0,1255	0,074955735	0,104	0,002713175	0,009406945			
	200	326,82				329,72	329,40	329,27	329,21	329,14	329,11	329,07			2,25	140/200	0,0890	0,044265198	0,074	0,002345484	0,003939603			
	400	304,61				320,06	316,33	315,17	314,70	314,22	313,92	313,69	313,68		9,07	200/400	0,0555	0,178437930	0,037	0,004381332	0,009903305			
	Plato	276,43				293,74	297,94	299,37	300,06	300,66	301,10	301,46	301,47		25,04	Plato	0,0185	0,492622467	0,000	0,013202054	0,009113516			
						<b>Total</b>	<b>50,83</b>										0	1	0	0,029364990	0,081415208			
	3	3				3	20	398,03									0,00			0		0	0	
							30	383,66	383,86	383,84								0,18	20/30	0,2945	0,003544005	0,589	0,000069778	0,001043709
							40	356,38	358,13	358,03								1,65	30/40	0,3530	0,032486710	0,117	0,000709406	0,011467809
			50	349,12	351,74		351,70								2,58	40/50	0,2060	0,050797401	0,295	0,001639774	0,010464265			
			70	334,40	337,52		337,57								3,17	50/70	0,2515	0,062413861	0,208	0,002229007	0,015697086			
			100	318,69	321,85		321,84								3,15	70/100	0,1775	0,062020083	0,147	0,002449969	0,011008565			
140			328,65	332,58	332,46									3,81	100/140	0,1255	0,075014767	0,104	0,002698068	0,009414353				
200			326,82	329,59	329,27		329,13	329,07	329,02	328,97	328,94			2,12	140/200	0,0890	0,041740500	0,074	0,002298785	0,003714905				
400			304,63	321,90	317,45		315,99	315,11	314,53	314,08	313,99			9,36	200/400	0,0555	0,184288246	0,037	0,004450261	0,010227998				
Plato			276,42	291,80	296,75		298,49	299,57	300,31	300,88	301,19	24,77		24,77	Plato	0,0185	0,487694428	0,000	0,013230610	0,009022347				
				<b>Total</b>	<b>50,79</b>											0	1	0	0,029291089	0,163476243				

**Cuadro XXV. Datos obtenidos para el análisis granulométrico de la harina de plátano verde (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) con cáscara (continuación...)**

Muestra	Lote	Réplica	Tamiz	M tamiz (g)	M tamiz +residuo (g)										M retenida (g)	Análisis diferencial			Análisis acumulativo		Tamaño medio (mm)	
					5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min	50 min		55 min	Mallas	Dp (mm)	F. retenida	Apertura tamiz (mm)		F. acumulada
			12	422,57												0,00		0		0	0	
			16	419,37	419,63	419,62										0,25	12/16	0,5840	0,004970179	1,168	0,000098811	0,002902584
			20	398,02	398,28	398,29										0,27	16/20	1,0005	0,005367793	0,833	0,000205526	0,005370477
			30	383,65	384,09	384,11										0,46	20/30	0,7110	0,009145129	0,589	0,000288527	0,006502187
			40	356,40	358,82	358,77										2,37	30/40	0,3530	0,047117296	0,117	0,00118537	0,016632406
			50	349,12	351,96	351,93										2,81	40/50	0,2060	0,055864811	0,295	0,002047358	0,011508151
		1	70	334,40	337,27	337,24										2,84	50/70	0,2515	0,056461233	0,208	0,002233122	0,014200000
			100	318,69	321,52	321,37	321,28	321,25	321,22	321,16						2,47	70/100	0,1775	0,049105368	0,147	0,002098740	0,008716203
			140	328,64	331,68	331,61	331,57	331,60	331,58	331,55	331,56					2,92	100/140	0,1255	0,058051690	0,104	0,002130359	0,007285487
			200	326,82	329,22	329,10	329,07	329,09	329,07	329,07	229,08					2,26	140/200	0,0890	0,044930417	0,074	0,002047358	0,003998807
			400	304,61	324,39	318,65	316,90	316,29	315,63	314,58	314,40					9,79	200/400	0,0555	0,194632207	0,037	0,004762676	0,010802087
			Plato	276,43	288,87	295,17	297,17	298,02	298,78	299,99	300,29					23,86	Plato	0,0185	0,474353877	0,000	0,013299922	0,008775547
																Total	50,30	0	1	0	0,029311210	0,096693936
			12	422,55												0,00		0		0	0	
			16	419,46	419,84	419,81										0,35	12/16	0,5840	0,006958250	1,168	0,000137135	0,004063618
			20	398,02	398,27	398,28										0,26	16/20	1,0005	0,005168986	0,833	0,000239007	0,005171571
			30	383,66	384,13	384,06										0,40	20/30	0,7110	0,007952286	0,589	0,000258598	0,005654076
			40	356,42	358,89	358,78										2,36	30/40	0,3530	0,046918489	0,117	0,001081411	0,016562227
			50	349,16	352,15	352,09										2,93	40/50	0,2060	0,058250497	0,295	0,002072704	0,011999602
		3	70	334,44	337,36	337,38										2,94	50/70	0,2515	0,058449304	0,208	0,002299957	0,014700000
			100	318,68	321,28	321,14	321,09	321,05	321,01	320,99	320,94	320,93	320,92	320,90		2,22	70/100	0,1775	0,044135189	0,147	0,002021768	0,007833996
			140	328,63	331,82	331,72	331,71	331,71	331,70	331,68	331,68	331,67	331,67	331,65	331,67	3,04	100/140	0,1255	0,060437376	0,104	0,002060949	0,007584891
			200	326,83	329,42	329,23	329,20	329,19	329,19	329,18	329,18	329,20	329,19	329,18	329,18	2,35	140/200	0,0890	0,046719682	0,074	0,002111885	0,004158052
			400	304,62	328,14	325,22	323,02	322,12	320,82	319,29	318,61	317,76	317,11	316,45	316,40	11,78	200/400	0,0555	0,234194831	0,037	0,005536352	0,012997813
			Plato	276,43	284,72	288,27	290,76	291,90	293,39	295,05	295,86	296,81	297,67	298,39	298,54	22,11	Plato	0,0185	0,439562624	0,000	0,013278625	0,008131909
																Total	50,74	0	1,008747515	0	0,028543755	0,098857753
			12	422,64												0,00		0		0	0	
			16	419,64	419,83	419,82										0,18	12/16	0,5840	0,003548896	1,168	0,000069970	0,002072555
			20	398,05	398,27	398,26										0,21	16/20	1,0005	0,004140379	0,833	0,000151602	0,004142449
			30	383,68	384,18	384,13										0,45	20/30	0,7110	0,008872240	0,589	0,000256558	0,006308162
			40	356,40	358,94	358,84										2,44	30/40	0,3530	0,048107256	0,117	0,001123413	0,016981861
			50	349,15	352,08	352,03										2,88	40/50	0,2060	0,056782334	0,295	0,002068012	0,011697161
		3	70	334,45	337,37	337,44										2,99	50/70	0,2515	0,058951104	0,208	0,002281811	0,014826203
			100	318,68	321,33	321,23	321,14	321,11	321,09	321,07	321,05	321,03				2,35	70/100	0,1775	0,046332808	0,147	0,002075787	0,008224073
			140	328,63	331,78	331,70	331,66	331,67	331,69	33,68	331,67	331,65				3,02	100/140	0,1255	0,059542587	0,104	0,002087449	0,007472595
			200	326,83	329,31	329,18	329,16	329,14	329,15	329,18	329,17	329,14				2,31	140/200	0,0890	0,045544164	0,074	0,002071900	0,004053431
			400	304,61	327,97	324,66	322,95	321,48	320,40	318,97	316,05	316,03				11,42	200/400	0,0555	0,225157729	0,037	0,005337182	0,012496254
			Plato	276,43	285,23	289,12	291,14	292,89	294,09	295,07	298,74	298,90				22,47	Plato	0,0185	0,443020505	0,000	0,013173861	0,008195879
																Total	50,72	0	1	0	0,028450720	0,096470623

### 9.1.2 Propiedades tecnológicas de la harina

**Cuadro XXVI. Datos obtenidos para la determinación de capacidad de absorción de agua y solubilidad en la harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Muestra	Lote	Réplica	M <sub>tubo</sub> (g)	M <sub>t+m</sub> (g)	M <sub>muestra</sub> (g)	V <sub>r/buffer</sub> (mL)	M <sub>t+r/dec.</sub> (g)	M <sub>t+r/cent</sub> (g)	M <sub>cápsula</sub> (g)	M <sub>cáp+m</sub> (g)	M <sub>muestra</sub> (g)	M <sub>cáp+res</sub> (g)	M <sub>residuo</sub> (g)	k	WHC (g/g)	Solubilidad (g/g)
Harina Gruesa	1	1	13,3061	15,8151	2,5090	7,5	23,6390	20,1763	11,8161	18,2523	6,4362	14,3377	2,5216	0,1096	1,6230	1,5477
		2	13,4247	15,9341	2,5094	7,5	26,6398	20,4423	11,8214	18,0685	6,2471	14,2254	2,4040	0,1076	1,6735	1,5943
		3	13,2129	15,7433	2,5304	7,5	24,2129	20,0470	11,2454	17,9563	6,7109	13,6830	2,4376	0,1197	1,8436	1,6144
	2	1	13,7381	16,2704	2,5323	7,5	25,1831	20,6077	11,2348	17,5035	6,2687	13,7331	2,4983	0,1056	1,5758	1,5874
		2	13,8188	16,3941	2,5753	7,6	25,8317	20,9825	11,8903	17,4043	5,5140	14,2828	2,3925	0,0874	1,3542	1,6802
		3	13,1163	15,6826	2,5663	7,5	24,8780	20,1812	11,8366	18,2933	6,4567	14,4107	2,5741	0,1087	1,5748	1,6056
	3	1	12,4653	14,9804	2,5151	7,5	24,0559	19,1329	11,7035	17,8084	6,1049	14,1773	2,4738	0,1017	1,5307	1,5719
		2	13,4476	15,9602	2,5126	7,5	23,7683	20,1692	11,8676	18,0718	6,2042	14,3597	2,4921	0,1039	1,5544	1,5621
		3	13,2474	15,7485	2,5011	7,5	24,6409	19,8831	11,7741	17,9025	6,1284	14,2577	2,4836	0,1021	1,5304	1,5489
Harina Fina	1	1	13,6258	16,1310	2,5052	7,5	27,4291	20,4988	11,4731	17,6505	6,1774	13,8951	2,4220	0,1052	1,6209	1,5804
		2	13,2855	15,7900	2,5045	7,6	26,9077	20,1147	11,5242	17,4625	5,9383	13,8820	2,3578	0,1003	1,5860	1,6031
		3	13,2466	15,7824	2,5358	7,6	24,9472	19,9779	11,5108	17,6233	6,1125	13,9705	2,4597	0,1023	1,5495	1,6061
	2	1	13,3784	15,8916	2,5132	7,6	25,1677	19,9914	11,9531	17,9820	6,0289	14,4374	2,4843	0,0992	1,4862	1,5642
		2	13,0863	15,5949	2,5086	7,5	24,0312	19,7570	11,6117	17,6669	6,0552	14,0849	2,4732	0,1003	1,5095	1,5627
		3	13,3681	15,8923	2,5242	7,5	23,9235	19,9399	11,7538	17,9056	6,1518	14,2910	2,5372	0,1012	1,4838	1,5591
	3	1	13,5488	16,0655	2,5167	7,5	25,6240	20,1237	12,0411	17,6239	5,5828	14,3040	2,2629	0,0930	1,5299	1,6545
		2	13,5000	16,0036	2,5036	7,5	25,4767	20,0757	11,8781	17,8447	5,9666	14,3038	2,4257	0,0991	1,5219	1,5743
		3	14,2685	16,7706	2,5021	7,6	25,7022	20,7254	11,5272	17,6873	6,1601	14,0224	2,4952	0,1026	1,5318	1,5459

**Cuadro XXVII. Datos obtenidos para la determinación de hinchamiento en la harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Muestra	Lote	Réplica	M <sub>probeta</sub> (g)	M <sub>prob+muestra</sub> (g)	M <sub>muestra</sub> (g)	V <sub>prob+mue/buf</sub> (mL)	V <sub>prob+res/buffer</sub> (mL)	SW (mL/g)
Harina Gruesa	1	1	32,7974	33,3019	0,5045	0,5	2,0	3,96
		2	33,9731	34,4870	0,5139	0,5	2,0	3,89
		3	22,3479	22,8500	0,5021	0,5	2,0	3,98
	2	1	22,1342	22,6346	0,5004	0,5	1,8	3,60
		2	22,1516	22,6548	0,5032	0,5	1,8	3,58
		3	14,6802	15,1929	0,5127	0,5	1,8	3,51
	3	1	35,4133	35,9228	0,5095	0,5	1,8	3,53
		2	33,4189	33,9249	0,5060	0,5	2,0	3,95
		3	30,9897	31,4995	0,5098	0,5	2,0	3,92
Harina Fina	1	1	43,4709	43,9753	0,5044	0,5	1,8	3,57
		2	31,3351	31,8608	0,5257	0,5	1,8	3,42
		3	7,2938	7,7975	0,5037	0,5	2,0	3,97
	2	1	22,1101	22,6270	0,5169	0,5	1,8	3,48
		2	14,8088	15,3280	0,5192	0,5	2,0	3,85
		3	62,6016	63,1077	0,5061	0,5	2,5	4,94
	3	1	34,8091	35,3141	0,5050	0,5	2,0	3,96
		2	33,8270	34,3297	0,5027	0,5	2,0	3,98
		3	35,7064	36,2073	0,5009	0,5	2,0	3,99

**Cuadro XXVIII. Datos obtenidos para la determinación de absorción de grasa en la harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Muestra	Lote	Réplica	M <sub>tubo</sub> (g)	M <sub>tubo+muestra</sub> (g)	M <sub>tubo+muestra+aceite</sub> (g)	M <sub>tubo+residuo</sub> (g)	Grasa adsorbida (g)	FAC (g/g)
Harina Gruesa	1	1	13,1649	18,3594	44,7866	22,9545	4,5951	0,88
		2	13,0271	18,1176	43,6691	22,6566	4,5390	0,89
		3	13,5837	18,6153	45,2079	22,9362	4,3209	0,86
	2	1	13,3574	18,4101	44,2314	22,1051	3,6950	0,73
		2	13,3511	18,4389	45,5752	22,0592	3,6203	0,71
		3	13,3150	18,3915	44,8130	22,5510	4,1595	0,82
	3	1	13,8288	18,9289	45,6130	22,7917	3,8628	0,76
		2	13,4724	18,5076	45,1578	22,2087	3,7011	0,74
		3	13,1812	18,1995	45,3607	22,0378	3,8383	0,76
Harina Fina	1	1	13,5925	18,7129	44,2720	22,8579	4,1450	0,81
		2	13,4887	18,7764	45,5090	23,1263	4,3499	0,82
		3	13,1876	18,2227	44,3893	22,3507	4,1280	0,82
	2	1	13,4162	18,6305	45,0395	22,9177	4,2872	0,82
		2	13,9440	18,9592	45,9015	22,9911	4,0319	0,80
		3	13,8097	18,8192	44,7121	22,8955	4,0763	0,81
	3	1	13,7635	18,7942	45,8418	22,5097	3,7155	0,74
		2	13,8367	18,9395	45,9083	22,6269	3,6874	0,72
		3	13,4819	18,4839	45,6426	22,1799	3,6960	0,74

### 9.1.3 Propiedades de los geles cárnicos

**Cuadro XXIX. Valores obtenidos de pH en los geles cárnicos formulados con harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Gel	Lote	Réplica	pH	Temperatura (°C)	Gel	Lote	Réplica	pH	Temperatura (°C)
Control	--	1	6,10	20,4	4	1	1	6,09	18,4
		2	6,09	20,4			2	6,10	19,7
		3	6,10	20,4			3	6,11	19,5
1	1	1	6,06	17,3		2	1	6,09	18,5
		2	6,07	17,3			2	6,09	18,4
		3	6,07	17,3			3	6,10	18,3
	2	1	6,09	20,0		3	1	6,08	19,4
		2	6,09	19,9			2	6,08	19,3
		3	6,10	19,7			3	6,09	19,2
3	3	1	6,08	18,3	1	1	6,09	19,7	
		2	6,08	18,2		2	6,10	19,5	
		3	6,09	18,1		3	6,10	19,4	
2	1	1	6,09	19,6	5	2	1	6,08	19,2
		2	6,08	20,0			2	6,08	19,1
		3	6,09	19,4			3	6,09	19,0
	2	1	6,06	18,6	3	1	6,03	16,6	
		2	6,07	18,6		2	6,03	16,6	
		3	6,07	18,6		3	6,03	16,6	
3	3	1	6,09	18,5	1	1	6,06	20,6	
		2	6,10	18,4		2	6,70	20,7	
		3	6,09	18,5		3	6,07	20,6	
3	1	1	6,07	20,1	6	2	1	6,07	19,6
		2	6,08	19,9			2	6,08	19,5
		3	6,09	19,6			3	6,08	19,4
	2	1	6,07	18,7	3	1	6,08	18,9	
		2	6,08	18,5		2	6,09	19,2	
		3	6,08	18,6		3	6,08	19,1	
3	3	1	6,08	18,6					
		2	6,09	18,5					
		3	6,09	18,4					

**Cuadro XXX. Datos obtenidos para la determinación del rendimiento de cocción y la capacidad de retención de agua en los geles cárnicos formulados con harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Gel	Lote	Réplica	M <sub>tubo</sub> (g)	M <sub>tubo+mezcla</sub> (g)	M <sub>tubo+gel</sub> (g)	M <sub>tubo+gel/24h</sub> (g)	Rendimiento de cocción (%)	WHC (g/g)
Control	--	1	13,1727	60,0194	60,0180	60,0048	100,00	99,98
		2	13,1304	60,6889	60,0801	59,8537	99,00	99,62
		3	12,9843	59,9281	59,3532	59,1821	99,04	99,71
1	1	1	13,5491	57,8101	57,6497	57,6497	99,72	100,0
		2	13,5318	58,3835	58,0574	58,0574	99,44	100,0
		3	13,3916	60,5976	60,4197	60,4197	99,71	100,0
	2	1	13,2465	59,8338	59,6336	59,6336	99,67	100,0
		2	13,4346	59,5271	59,2687	59,2687	99,57	100,0
		3	13,5683	59,5609	59,3913	59,3913	99,72	100,0
	3	1	13,6359	59,8336	59,8176	59,8176	99,97	100,0
		2	13,4903	59,9662	59,9172	59,9172	99,92	100,0
		3	13,3647	60,7626	60,6808	60,6808	99,87	100,0
2	1	1	13,3039	61,0662	61,0553	61,0553	99,98	100,0
		2	13,5647	60,7531	60,6471	60,6471	99,83	100,0
		3	13,8204	62,2728	62,1362	62,1362	99,78	100,0
	2	1	13,3614	58,0971	57,9568	57,9568	99,76	100,0
		2	14,0506	62,8531	62,6786	62,6786	99,72	100,0
		3	13,8995	60,6248	60,5465	60,5465	99,87	100,0
	3	1	13,9704	60,3883	60,3310	60,3310	99,91	100,0
		2	13,4712	59,1340	59,1005	59,1005	99,94	100,0
		3	13,4388	58,5564	58,4889	58,4889	99,88	100,0
3	1	1	13,2314	63,5989	63,5233	63,5233	99,88	100,0
		2	13,6033	59,7741	59,7334	59,7334	99,93	100,0
		3	13,7173	59,2779	59,1182	59,1182	99,73	100,0
	2	1	13,7386	59,3294	59,2420	59,2420	99,85	100,0
		2	13,3582	58,4060	58,3722	58,3722	99,94	100,0
		3	13,2926	58,4617	58,4484	58,4484	99,98	100,0
	3	1	13,2379	59,8619	59,7495	59,7495	99,81	100,0
		2	13,6339	57,2616	57,1645	57,1645	99,83	100,0
		3	13,1610	61,3511	61,2939	61,2939	99,91	100,0
4	1	1	13,4861	59,0624	58,7308	58,7308	99,44	100,0
		2	13,2157	64,4212	64,3308	64,3308	99,86	100,0
		3	13,4860	60,5214	60,1518	60,1518	99,39	100,0
	2	1	13,4770	60,6295	60,3621	60,3621	99,56	100,0
		2	13,3540	58,0697	57,6885	57,6885	99,34	100,0
		3	13,6276	58,6095	58,4247	58,4247	99,68	100,0
	3	1	13,4531	61,6468	61,2602	61,2602	99,37	100,0
		2	13,5670	61,2746	61,0711	61,0711	99,67	100,0
		3	13,4254	58,4530	58,0586	58,0586	99,33	100,0

**Cuadro XXX. Datos obtenidos para la determinación del rendimiento de cocción y la capacidad de retención de agua en los geles cárnicos formulados con harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara (continuación...)**

Gel	Lote	Réplica	M <sub>tubo</sub> (g)	M <sub>tubo+mezcla</sub> (g)	M <sub>tubo+gel</sub> (g)	M <sub>tubo+gel/24h</sub> (g)	Rendimiento de cocción (%)	WHC (g/g)
5	1	1	13,6387	59,8967	59,8118	59,8118	99,86	100,0
		2	13,7881	62,0991	62,0006	62,0006	99,84	100,0
		3	13,3900	60,8078	60,6892	60,6892	99,80	100,0
	2	1	13,6908	61,2227	61,1382	61,1382	99,86	100,0
		2	13,2573	59,1059	58,9017	58,9017	99,65	100,0
		3	13,3415	59,5249	59,4521	59,4521	99,88	100,0
	3	1	13,1919	62,0183	61,8454	61,8454	99,72	100,0
		2	13,4359	60,6195	60,5448	60,5448	99,88	100,0
		3	13,4427	58,4885	58,3981	58,3981	99,85	100,0
6	1	1	13,5012	58,7803	58,7040	58,7040	99,87	100,0
		2	13,2780	60,5016	60,4518	60,4518	99,92	100,0
		3	13,1919	59,5216	59,4232	59,4232	99,83	100,0
	2	1	13,3490	59,4793	59,4013	59,4013	99,87	100,0
		2	13,4262	60,3951	60,2274	60,2274	99,72	100,0
		3	14,0196	60,9374	60,8825	60,8825	99,91	100,0
	3	1	12,8504	55,7698	55,7168	55,7168	99,90	100,0
		2	13,5718	58,8164	58,7789	58,7789	99,94	100,0
		3	13,5691	59,5898	59,5305	59,5305	99,90	100,0

**Cuadro XXXI. Parámetros obtenidos para la determinación del color en los geles cárnicos formulados con harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Gel	Lote	Réplica	L*	a*	b*	C*	H°	ΔE*
		Calibración	53,2	-26,21	12,33	28,97	154,81	
Control	--	1	81,76	0,06	18,56	18,56	89,80	39,31
		2	83,46	0,01	17,54	17,54	89,95	40,38
		3	82,54	1,07	16,72	16,75	86,33	40,31
1	1	1	72,55	1,32	11,99	12,07	83,72	33,65
		2	70,97	1,33	12,17	12,24	83,76	32,78
		3	70,85	0,21	13,45	13,46	89,12	31,79
	2	1	69,46	1,42	11,44	11,52	82,94	32,07
		2	69,38	0,43	12,73	12,74	88,08	31,17
		3	69,36	1,65	12,41	12,52	82,45	32,21
	3	1	69,83	0,06	15,09	15,09	89,78	31,21
		2	70,28	1,79	12,3	12,43	81,74	32,8
		3	70,08	0,62	14,23	14,25	87,51	31,76

**Cuadro XXXI. Parámetros obtenidos para la determinación del color en los geles cárnicos formulados con harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara (continuación...)**

Gel	Lote	Réplica	L*	a*	b*	C*	H°	$\Delta E^*$
		Calibración	53,2	-26,21	12,33	28,97	154,81	
2	1	1	69,19	0,39	13,16	13,16	88,30	31,05
		2	67,80	1,88	11,39	11,54	80,62	31,68
		3	68,29	1,66	11,94	12,05	82,08	31,70
	2	1	64,66	2,89	11,27	11,63	75,63	31,30
		2	63,17	1,70	11,39	11,51	81,52	29,65
		3	63,54	2,43	11,24	11,50	77,79	30,47
	3	1	62,99	2,17	12,72	12,91	80,30	30,03
		2	62,05	1,97	12,59	12,75	81,12	29,54
		3	63,50	2,08	12,79	12,95	80,77	30,11
3	1	1	62,53	2,01	11,59	11,76	80,17	29,73
		2	62,93	2,21	11,66	11,87	79,26	30,05
		3	61,95	1,72	13,11	13,23	82,53	29,28
	2	1	56,96	2,12	11,57	11,76	79,60	28,60
		2	58,61	2,83	10,97	11,33	75,53	29,58
		3	59,30	2,30	12,16	12,38	79,27	29,16
	3	1	60,92	1,90	14,45	14,58	82,50	29,24
		2	61,65	2,71	13,85	14,11	78,91	30,18
		3	60,53	3,38	13,33	13,75	75,76	30,51
4	1	1	68,91	1,33	13,34	13,41	84,32	31,72
		2	71,79	1,33	12,43	12,50	83,91	33,23
		3	69,43	1,17	12,61	12,66	84,68	31,84
	2	1	69,02	1,72	11,66	11,78	81,59	32,11
		2	69,81	1,12	12,68	12,73	84,95	31,99
		3	70,44	1,08	13,05	13,09	85,28	32,29
	3	1	67,19	1,97	12,20	12,36	80,81	31,47
		2	66,82	1,00	13,35	13,39	85,72	30,45
		3	66,24	2,11	12,37	12,55	80,31	31,18
5	1	1	65,50	2,17	11,86	12,06	79,62	30,94
		2	68,03	0,52	13,39	13,40	87,77	30,59
		3	65,61	2,38	11,85	12,08	78,65	31,17
	2	1	66,91	2,58	10,77	11,08	76,54	31,93
		2	62,85	2,12	12,14	12,32	80,10	29,93
		3	62,99	1,98	12,51	12,66	81,02	29,84
	3	1	61,71	3,23	12,68	13,09	75,70	30,66
		2	63,36	2,96	12,91	13,25	77,07	30,90
		3	62,14	3,05	12,35	12,72	76,14	30,60
6	1	1	62,32	2,84	12,14	12,46	76,84	30,45
		2	62,50	2,58	11,89	12,17	77,76	30,26
		3	61,90	2,62	12,06	12,34	77,73	30,12
	2	1	60,00	3,11	12,25	12,64	75,74	30,11
		2	60,09	3,73	11,86	12,44	72,53	30,73
		3	59,74	2,39	12,78	13,00	79,42	29,34
	3	1	56,82	3,82	12,82	13,37	73,40	30,26
		2	56,23	3,58	12,36	12,87	73,83	29,95
		3	58,23	3,63	13,24	13,73	74,65	30,28



**Cuadro XXXII. Datos obtenidos para la determinación del perfil de textura en los geles cárnicos formulados con harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Gel	Lote	Réplica	Distance 1 (mm)	Force 1 (N)	Distance 2 (mm)	Force 2 (N)	Distance 3 (mm)	Force 3 (N)	Area F-T 1:3 (N. sec)	Area F-T 4:6 (N. sec)	Area F-T 3:4 (N. sec)	H	S	C	A	G	Ch
Control		1	19,233	33,805	9,235	-0,317	18,242	31,024	154,549	107,271	-0,289	33,805	9,998	0,694	-0,289	23,464	234,590
		2	19,567	32,193	9,569	-0,437	18,524	29,597	145,572	103,402	-1,145	32,193	9,998	0,710	-1,145	22,867	228,626
		3	20,232	30,223	10,234	-0,297	19,329	27,776	140,357	99,542	-0,296	30,223	9,998	0,709	-0,296	21,434	214,300
		4	20,707	30,283	10,709	-0,151	19,922	0,092	137,620	100,814	-0,094	30,283	9,998	0,733	-0,094	22,184	221,795
		5	20,980	27,183	10,982	-0,258	19,960	25,217	131,764	94,355	-0,236	27,183	9,998	0,716	-0,236	19,465	194,616
		6	19,743	37,201	9,745	-0,360	18,916	34,449	167,285	120,877	-0,332	37,201	9,998	0,723	-0,332	26,881	268,754
		7	19,688	34,554	9,690	-0,387	18,601	31,928	163,699	116,604	-1,085	34,554	9,998	0,712	-1,085	24,613	246,081
1	1	1	19,660	34,047	9,662	-0,323	18,574	31,120	158,771	111,529	-0,232	34,047	9,998	0,702	-0,232	23,916	239,116
		2	19,313	44,185	9,315	-0,489	18,105	40,575	199,170	140,756	-1,305	44,185	9,998	0,707	-1,305	31,226	312,199
		3	20,460	34,966	10,462	-0,545	19,348	32,114	172,338	121,620	-1,297	34,966	9,998	0,706	-1,297	24,676	246,708
		4	20,002	33,791	10,004	-0,407	19,131	30,940	166,228	116,945	-0,474	33,791	9,998	0,704	-0,474	23,773	237,679
		5	19,380	37,407	9,382	-0,402	18,419	34,465	171,603	121,807	-0,290	37,407	9,998	0,710	-0,290	26,552	265,469
		6	18,145	43,912	8,147	-0,350	17,282	40,093	194,824	133,523	-0,334	43,912	9,998	0,685	-0,334	30,095	300,892
1	2	1	20,544	28,828	10,546	-0,173	19,446	26,623	133,381	94,652	-0,148	28,828	9,998	0,710	-0,148	20,457	204,533
		2	19,872	34,667	9,874	-0,302	18,629	31,939	161,359	113,221	-0,236	34,667	9,998	0,702	-0,236	24,325	243,200
		3	19,909	36,367	9,911	-0,473	18,806	33,411	175,879	121,991	-0,462	36,367	9,998	0,694	-0,462	25,224	252,194
		4	20,329	35,340	10,331	-0,436	19,207	32,540	169,897	119,559	-0,400	35,340	9,998	0,704	-0,400	24,869	248,643
		5	18,982	38,181	8,984	-0,297	17,567	35,226	162,535	114,685	-0,303	38,181	9,998	0,706	-0,303	26,941	269,352
		6	18,889	45,180	8,891	-0,451	17,770	41,626	197,251	138,247	-0,482	45,180	9,998	0,701	-0,482	31,665	316,589
1	3	1	21,797	30,437	11,799	-0,118	21,026	28,562	146,946	110,781	-0,062	30,437	9,998	0,754	-0,062	22,946	229,415
		2	20,544	35,500	10,546	-0,141	19,591	32,948	170,992	124,251	-0,100	35,500	9,998	0,727	-0,100	25,796	257,908
		3	19,889	34,950	9,891	-0,209	18,866	32,270	168,101	119,581	-0,130	34,950	9,998	0,711	-0,130	24,862	248,572
		4	20,982	30,649	10,984	-0,143	19,887	28,509	148,934	108,652	-0,095	30,649	9,998	0,730	-0,095	22,359	223,549
		5	20,582	32,752	10,584	-0,145	19,492	30,492	157,674	114,923	-0,102	32,752	9,998	0,729	-0,102	23,872	238,670
		6	22,012	30,101	12,014	-0,164	20,862	0,814	146,332	108,846	-0,082	30,101	9,998	0,744	-0,082	22,390	223,855
2	1	1	19,827	36,868	9,829	-0,385	18,665	33,304	174,682	118,892	-0,301	36,868	9,998	0,681	-0,301	25,093	250,881
		2	23,367	32,465	13,369	-0,406	22,323	29,904	173,948	124,099	-0,357	32,465	9,998	0,713	-0,357	23,161	231,567
		3	19,302	45,324	9,304	-0,616	18,353	40,911	215,350	144,503	-0,670	45,324	9,998	0,671	-0,670	30,413	304,070
		4	22,752	33,473	12,754	-0,502	21,541	31,040	170,716	124,623	-1,347	33,473	9,998	0,730	-1,347	24,435	244,305
		5	20,297	40,672	10,299	-0,512	19,249	37,153	201,261	138,807	-0,528	40,672	9,998	0,690	-0,528	28,051	280,453
		6	19,740	41,319	9,742	-0,505	18,897	37,785	199,969	139,122	-0,495	41,319	9,998	0,696	-0,495	28,746	287,406

Donde, H: Dureza, S: Elasticidad, C: Cohesividad, A: Adhesividad, G: Gomosidad y Ch: Masticabilidad (por sus siglas en inglés).

**Cuadro XXXII. Datos obtenidos para la determinación del perfil de textura en los geles cárnicos formulados con harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara (continuación...)**

Gel	Lote	Réplica	Distance 1 (mm)	Force 1 (N)	Distance 2 (mm)	Force 2 (N)	Distance 3 (mm)	Force 3 (N)	Area F-T 1:3 (N. sec)	Area F-T 4:6 (N. sec)	Area F-T 3:4 (N. sec)	H	S	C	A	G	Ch	
2	2	1	19,864	41,856	9,866	-0,123	18,610	38,348	198,013	137,771	-0,047	41,856	9,998	0,696	-0,047	29,122	291,162	
		2	20,069	42,002	10,071	-0,221	18,718	38,673	193,625	137,597	-0,145	42,002	9,998	0,711	-0,145	29,848	298,422	
		3	21,677	30,732	11,679	-0,197	20,679	28,374	152,157	109,574	-0,181	30,732	9,998	0,720	-0,181	22,131	221,268	
		4	20,809	35,271	10,811	-0,082	19,711	32,579	167,399	118,662	-0,040	35,271	9,998	0,709	-0,040	25,002	249,971	
		5	19,544	44,306	9,546	-0,447	18,252	40,572	204,646	140,621	-1,201	44,306	9,998	0,687	-1,201	30,445	304,385	
		6	20,169	41,478	10,171	-0,320	18,679	38,391	182,857	131,590	-1,178	41,478	9,998	0,720	-1,178	29,849	298,430	
	3	1	19,577	39,921	9,579	-0,589	18,340	36,850	182,118	126,794	-1,360	39,921	9,998	0,696	-1,360	27,794	277,882	
		2	22,329	27,660	12,331	-0,239	21,529	0,075	136,058	100,315	-0,202	27,660	9,998	0,737	-0,202	20,394	203,895	
		3	19,924	36,320	9,926	-0,468	18,788	33,606	170,642	121,185	-1,203	36,320	9,998	0,710	-1,203	25,793	257,883	
		4	20,144	37,491	10,146	-0,546	19,043	34,783	175,736	125,401	-0,595	37,491	9,998	0,714	-0,595	26,753	267,473	
		5	22,089	30,676	12,091	-0,252	21,588	0,074	143,550	105,911	-0,143	30,676	9,998	0,738	-0,143	22,633	226,282	
		6	18,964	49,714	8,966	-0,475	17,828	45,747	221,065	153,758	-0,539	49,714	9,998	0,696	-0,539	34,578	345,708	
	3	1	1	20,615	46,036	10,617	-0,625	19,495	42,135	240,628	167,637	-0,580	46,036	9,998	0,697	-0,580	32,072	320,652
			2	21,212	43,873	11,214	-0,375	20,716	40,508	220,622	157,608	-0,208	43,873	9,998	0,714	-0,208	31,342	313,357
			3	19,455	46,966	9,457	-0,541	18,556	42,780	235,798	161,443	-0,567	46,966	9,998	0,685	-0,567	32,156	321,496
			4	20,900	49,162	10,902	-0,292	19,999	45,061	243,978	173,543	-0,211	49,162	9,998	0,711	-0,211	34,969	349,622
			5	21,660	39,048	11,662	-0,102	21,211	36,061	192,176	140,659	-0,033	39,048	9,998	0,732	-0,033	28,580	285,746
			6	20,207	45,275	10,209	-0,311	19,236	41,481	230,066	161,056	-0,204	45,275	9,998	0,700	-0,204	31,694	316,881
2		1	20,119	45,304	10,121	-0,127	19,067	41,761	213,229	151,133	-0,035	45,304	9,998	0,709	-0,035	32,111	321,043	
		2	19,924	49,963	9,926	-0,132	18,906	45,802	243,012	170,223	-0,039	49,963	9,998	0,700	-0,039	34,998	349,907	
		3	21,304	43,485	11,306	-0,116	20,241	40,242	208,508	148,783	-0,077	43,485	9,998	0,714	-0,077	31,029	310,230	
		4	21,469	38,702	11,471	-0,143	20,513	35,805	196,075	139,403	-0,089	38,702	9,998	0,711	-0,089	27,516	275,104	
		5	20,264	44,756	10,266	-0,163	19,293	41,276	215,170	150,684	-0,091	44,756	9,998	0,700	-0,091	31,343	313,365	
		6	19,529	52,764	9,531	-0,166	18,508	48,368	252,275	174,950	-0,071	52,764	9,998	0,693	-0,071	36,591	365,839	
3	1	20,702	41,715	10,704	-0,431	19,396	38,524	205,959	148,219	-1,106	41,715	9,998	0,720	-1,106	30,020	300,143		
	2	20,582	41,482	10,584	-0,504	19,338	38,494	209,268	148,042	-0,388	41,482	9,998	0,707	-0,388	29,346	293,397		
	3	22,649	35,159	12,651	-0,298	21,465	32,883	180,999	134,780	-1,070	35,159	9,998	0,745	-1,070	26,181	261,757		
	4	20,464	43,958	10,466	-0,393	19,935	40,824	211,953	153,189	-0,308	43,958	9,998	0,723	-0,308	31,771	317,643		
	5	21,592	34,262	11,594	-0,384	20,373	31,977	166,730	121,487	-0,310	34,262	9,998	0,729	-0,310	24,965	249,598		
	6	21,529	39,399	11,531	-0,628	20,510	36,694	198,633	144,389	-0,531	39,399	9,998	0,727	-0,531	28,640	286,339		

Donde, H: Dureza, S: Elasticidad, C: Cohesividad, A: Adhesividad, G: Gomosidad y Ch: Masticabilidad (por sus siglas en inglés).

**Cuadro XXXII. Datos obtenidos para la determinación del perfil de textura en los geles cárnicos formulados con harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara (continuación...)**

Gel	Lote	Réplica	Distance 1 (mm)	Force 1 (N)	Distance 2 (mm)	Force 2 (N)	Distance 3 (mm)	Force 3 (N)	Area F-T 1:3 (N. sec)	Area F-T 4:6 (N. sec)	Area F-T 3:4 (N. sec)	H	S	C	A	G	Ch
4	1	1	20,287	37,198	10,289	-0,427	19,032	34,372	172,292	123,891	-1,351	37,198	9,998	0,719	-1,351	26,748	267,428
		2	20,075	37,916	10,077	-0,399	18,897	34,857	183,239	129,567	-0,350	37,916	9,998	0,707	-0,350	26,810	268,048
		3	20,480	31,461	10,482	-0,372	19,277	28,968	155,627	109,285	-0,361	31,461	9,998	0,702	-0,361	22,093	220,882
		4	20,032	33,954	10,034	-0,518	18,959	31,237	164,261	114,401	-0,530	33,954	9,998	0,696	-0,530	23,648	236,428
		5	19,748	39,564	9,750	-0,428	18,787	36,349	182,608	127,475	-0,393	39,564	9,998	0,698	-0,393	27,619	276,133
		6	20,123	33,517	10,125	-0,402	19,238	30,846	160,954	115,607	-0,457	33,517	9,998	0,718	-0,457	24,074	240,691
	2	1	20,889	28,932	10,891	-0,071	19,829	26,856	138,010	99,054	-0,036	28,932	9,998	0,718	-0,036	20,765	207,612
		2	21,609	27,954	11,611	-0,120	20,321	26,189	130,152	96,108	-0,069	27,954	9,998	0,738	-0,069	20,642	206,379
		3	22,029	23,163	12,031	-0,097	21,012	21,655	108,454	80,464	-0,039	23,163	9,998	0,742	-0,039	17,185	171,816
		4	20,849	32,566	10,851	-0,191	20,062	30,241	155,371	111,438	-0,113	32,566	9,998	0,717	-0,113	23,358	233,529
		5	20,397	29,336	10,399	-0,091	19,492	27,276	138,229	98,776	-0,060	29,336	9,998	0,715	-0,060	20,963	209,588
		6	20,049	29,153	10,051	-0,156	19,079	27,144	134,143	97,015	-0,093	29,153	9,998	0,723	-0,093	21,084	210,798
	3	1	19,302	37,904	9,304	-0,493	18,121	35,082	163,648	115,729	-1,359	37,904	9,998	0,707	-1,359	26,805	267,997
		2	19,229	37,321	9,231	-0,367	18,066	34,468	164,750	114,339	-0,432	37,321	9,998	0,694	-0,432	25,901	258,962
		3	19,897	32,343	9,899	-0,443	18,759	29,806	149,917	104,025	-0,478	32,343	9,998	0,694	-0,478	22,442	224,378
		4	19,309	35,031	9,311	-0,367	18,161	32,370	157,909	111,163	-0,355	35,031	9,998	0,704	-0,355	24,661	246,558
		5	19,637	31,545	9,639	-0,356	18,466	29,151	142,779	99,134	-0,355	31,545	9,998	0,694	-0,355	21,902	218,979
		6	18,102	41,782	8,104	-0,446	16,739	38,372	173,699	120,213	-0,597	41,782	9,998	0,692	-0,597	28,916	289,106
5	1	1	20,672	31,603	10,674	-0,461	20,032	29,119	155,747	111,319	-0,783	31,603	9,998	0,715	-0,783	22,588	225,835
		2	20,965	33,959	10,967	-0,456	20,103	31,274	167,628	119,235	-0,495	33,959	9,998	0,711	-0,495	24,155	241,504
		3	19,832	38,400	9,834	-0,481	18,615	35,433	170,887	122,715	-0,632	38,400	9,998	0,718	-0,632	27,575	275,698
		4	21,447	36,567	11,449	-0,439	20,409	33,903	181,168	131,236	-0,485	36,567	9,998	0,724	-0,485	26,489	264,834
		5	21,000	33,944	11,002	-0,323	20,157	31,432	170,079	123,537	-0,278	33,944	9,998	0,726	-0,278	24,655	246,503
		6	21,180	34,348	11,182	-0,522	20,257	31,845	173,925	126,054	-1,192	34,348	9,998	0,725	-1,192	24,894	248,891
	2	1	19,637	43,906	9,639	-0,078	18,570	40,544	201,784	144,516	-0,004	43,906	9,998	0,716	-0,004	31,445	314,388
		2	21,617	36,720	11,619	-0,093	20,558	34,130	175,681	127,600	-0,035	36,720	9,998	0,726	-0,035	26,670	266,650
		3	21,829	34,275	11,831	-0,157	20,905	31,953	166,110	122,863	-0,057	34,275	9,998	0,740	-0,057	25,351	253,464
		4	21,044	32,082	11,046	-0,119	20,038	29,829	152,296	109,964	-0,053	32,082	9,998	0,722	-0,053	23,165	231,599
		5	21,389	37,403	11,391	-0,110	20,298	34,710	179,227	128,360	-0,052	37,403	9,998	0,716	-0,052	26,788	267,822
		6	21,217	28,834	11,219	-0,035	20,528	0,641	132,067	96,699	0,013	28,834	9,998	0,732	0,013	21,112	211,079

Donde, H: Dureza, S: Elasticidad, C: Cohesividad, A: Adhesividad, G: Gomosidad y Ch: Masticabilidad (por sus siglas en inglés).

**Cuadro XXXII. Datos obtenidos para la determinación del perfil de textura en los geles cárnicos formulados con harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara (continuación...)**

Gel	Lote	Réplica	Distance 1 (mm)	Force 1 (N)	Distance 2 (mm)	Force 2 (N)	Distance 3 (mm)	Force 3 (N)	Area F-T 1:3 (N. sec)	Area F-T 4:6 (N. sec)	Area F-T 3:4 (N. sec)	H	S	C	A	G	Ch
5	3	1	20,417	35,341	10,419	-0,305	19,174	32,919	163,172	117,513	-0,254	35,341	9,998	0,720	-0,254	25,452	254,467
		2	19,384	41,887	9,386	-0,384	18,079	38,683	189,291	132,320	-0,381	41,887	9,998	0,699	-0,381	29,280	292,744
		3	21,894	26,422	11,896	-0,332	20,786	24,461	133,827	98,006	-0,972	26,422	9,998	0,732	-0,972	19,350	193,458
		4	20,297	37,242	10,299	-0,477	19,347	34,387	179,471	127,089	-0,445	37,242	9,998	0,708	-0,445	26,372	263,669
		5	19,989	41,113	9,991	-0,589	18,826	38,079	194,243	138,715	-0,595	41,113	9,998	0,714	-0,595	29,360	293,542
		6	23,062	25,835	13,064	-0,386	21,927	24,211	131,546	99,222	-1,221	25,835	9,998	0,754	-1,221	19,487	194,828
1	1	1	20,187	45,667	10,189	-0,471	19,166	41,985	233,096	164,813	-0,373	45,667	9,998	0,707	-0,373	32,289	322,829
		2	20,307	46,366	10,309	-0,355	19,199	42,763	230,466	164,658	-0,255	46,366	9,998	0,714	-0,255	33,127	331,199
		3	19,567	44,499	9,569	-0,406	18,491	41,020	217,400	153,722	-1,039	44,499	9,998	0,707	-1,039	31,465	314,586
		4	21,547	34,060	11,549	-0,146	20,969	31,614	174,413	127,592	-0,109	34,060	9,998	0,732	-0,109	24,917	249,116
		5	19,720	50,130	9,722	-0,746	18,544	46,336	243,112	173,218	-1,521	50,130	9,998	0,713	-1,521	35,718	357,106
		6	22,497	31,440	12,499	-0,330	20,946	29,170	160,629	119,301	-1,180	31,440	9,998	0,743	-1,180	23,351	233,462
6	2	1	20,017	46,038	10,019	-0,228	18,986	42,425	225,880	158,194	-0,126	46,038	9,998	0,700	-0,126	32,242	322,360
		2	20,964	38,917	10,966	-0,064	20,065	36,029	192,880	137,540	-0,015	38,917	9,998	0,713	-0,015	27,751	277,456
		3	20,217	42,108	10,219	-0,125	19,234	38,827	210,884	147,771	-0,044	42,108	9,998	0,701	-0,044	29,506	295,001
		4	21,072	48,331	11,074	-0,128	20,094	44,698	241,216	174,053	-0,066	48,331	9,998	0,722	-0,066	34,874	348,670
		5	21,249	44,665	11,251	-0,161	20,198	41,296	227,629	163,103	-0,071	44,665	9,998	0,717	-0,071	32,004	319,974
		6	21,412	36,000	11,414	-0,081	20,761	33,466	171,783	125,485	-0,020	36,000	9,998	0,730	-0,020	26,297	262,922
3	3	1	20,709	37,219	10,711	-0,419	20,286	34,721	173,631	128,892	-0,669	37,219	9,998	0,742	-0,669	27,629	276,234
		2	22,162	24,332	12,164	-0,383	21,387	22,776	121,280	89,940	-0,264	24,332	9,998	0,742	-0,264	18,044	180,408
		3	20,697	39,959	10,699	-0,410	19,664	37,027	202,302	143,800	-1,072	39,959	9,998	0,711	-1,072	28,404	283,979
		4	20,917	35,298	10,919	-0,476	19,956	32,883	178,622	127,413	-1,169	35,298	9,998	0,713	-1,169	25,178	251,734
		5	20,369	33,417	10,371	-0,423	19,053	31,102	159,210	112,740	-1,131	33,417	9,998	0,708	-1,131	23,663	236,586
		6	19,557	41,558	9,559	-0,488	18,714	38,304	205,545	142,899	-0,485	41,558	9,998	0,695	-0,485	28,892	288,862

Donde, H: Dureza, S: Elasticidad, C: Cohesividad, A: Adhesividad, G: Gomosidad y Ch: Masticabilidad (por sus siglas en inglés).

## 9.2 Análisis estadísticos

### 9.2.1 Caracterización de la harina

**Cuadro XXXIII. Análisis de varianza de los parámetros medidos en la caracterización físico-química de la harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Variable respuesta	Factor	Nparm	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Valor F	Prob > F
Contenido de humedad	Tamaño de partícula	1	1	0,4816667	33,2949	0,0287**
	Lote	2	2	3,7696000	130,2857	0,0076**
Contenido de cenizas	Tamaño de partícula	1	1	0,04681667	0,8403	0,4561
	Lote	2	2	0,01123333	0,1008	0,9084
Contenido de grasa	Tamaño de partícula	1	1	0,40560000	5,1967	0,1502
	Lote	2	2	0,03990000	0,2556	0,7964
Contenido de proteína	Tamaño de partícula	1	1	0,12906667	9,8776	0,0881
	Lote	2	2	0,32920000	12,5969	0,0735
Contenido de carbohidratos	Tamaño de partícula	1	1	1,4868088	482,9662	0,0021**
	Lote	2	2	0,1286683	20,8979	0,0457**
Contenido de almidón total	Tamaño de partícula	1	1	1,685400	2,0007	0,2928
	Lote	2	2	67,116933	39,8367	0,0245**
pH	Tamaño de partícula	1	1	0,00240000	0,9796	0,4266
	Lote	2	2	0,00390000	0,7959	0,5568
L*	Tamaño de partícula	1	1	0,350417	0,1764	0,7153
	Lote	2	2	10,065233	2,5334	0,2830
a*	Tamaño de partícula	1	1	0,0010667	0,0142	0,9161
	Lote	2	2	1,6176333	10,7389	0,0852
b*	Tamaño de partícula	1	1	0,0416667	4,7801	0,1603
	Lote	2	2	2,8836333	165,4092	0,0060**
C*	Tamaño de partícula	1	1	0,0352667	10,6332	0,0826
	Lote	2	2	3,7808333	569,9749	0,0018**
H°	Tamaño de partícula	1	1	0,072600	0,0337	0,8712
	Lote	2	2	19,440700	4,5162	0,1813

\*\* Significativo con una probabilidad del 95 % de confianza.

### 9.2.2 Propiedades tecnológicas de la harina

**Cuadro XXXIV. Análisis de varianza de las propiedades tecnológicas de la harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara**

Variable respuesta	Factor	Nparm	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Valor F	Prob > F
Capacidad de retención de agua	Tamaño de partícula	1	1	0,00020417	4,5148	0,1675
	Lote	2	2	0,00065902	7,2866	0,1207
Solubilidad	Tamaño de partícula	1	1	0,00007141	0,0594	0,8302
	Lote	2	2	0,00033686	0,1401	0,8772
Hinchariento	Tamaño de partícula	1	1	0,02827693	0,3329	0,6222
	Lote	2	2	0,00849441	0,0500	0,9524
Capacidad de absorción de grasa	Tamaño de partícula	1	1	0,00007280	0,0390	0,8617
	Lote	2	2	0,01122697	3,0063	0,2496

### 9.2.3 Propiedades de los geles cárnicos

**Cuadro XXXV. Análisis de varianza para el diseño irrestricto aleatorio de las propiedades de los geles cárnicos formulados con harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara (incluyendo el gel control y los 6 geles sustituidos)**

Variable respuesta	Factor	Nparm	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Valor F	Prob > F	
pH	Tratamiento	6	6	0,01165397	0,8474	0,5621	
	Lote	2	2	0,00707778	1,5439	0,2604	
Rendimiento de cocción	Tratamiento	6	6	0,43126587	11,1978	0,0006**	
	Lote	2	2	0,01121111	0,8733	0,4471	
Capacidad de retención de agua	Tratamiento	6	6	0,04534286	1,646e+9	<0,0001**	
	Lote	2	2	2,0175e-28	0,0000	1,0000	
Textura	H	Tratamiento	6	6	244,63165	5,0120	0,0128**
		Lote	2	2	32,76430	2,0138	0,1841
	S	Tratamiento	6	6	9,3795e-29	--	--
		Lote	2	2	1,2028e-29	--	--
	C	Tratamiento	6	6	0,00048154	0,7000	0,6566
		Lote	2	2	0,00029011	1,2651	0,3237
	A	Tratamiento	6	6	0,15342197	0,5870	0,7344
		Lote	2	2	0,67038678	7,6948	0,0095**
	G	Tratamiento	6	6	121,15731	6,2554	0,0059**
		Lote	2	2	12,30689	1,9062	0,1989
	Ch	Tratamiento	6	6	12110,405	6,2557	0,0059**
		Lote	2	2	1230,434	1,9068	0,1988
Color	L*	Tratamiento	6	6	482,97464	45,1769	<0,0001**
		Lote	2	2	39,16201	10,9895	0,0030**
	a*	Tratamiento	6	6	10,153971	16,6602	0,0001**
		Lote	2	2	1,448344	7,1292	0,0119**
	b*	Tratamiento	6	6	25,061119	19,9417	<0,0001**
		Lote	2	2	4,120133	9,8354	0,0043**
	C*	Tratamiento	6	6	23,651949	20,4475	<0,0001**
		Lote	2	2	4,594878	11,9171	0,0023**
	H°	Tratamiento	6	6	212,92148	16,6486	0,0001**
		Lote	2	2	22,77108	5,3415	0,0264**
	ΔE*	Tratamiento	6	6	80,243719	71,4484	<0,0001**
		Lote	2	2	1,317233	3,5186	0,0697

\*\* Significativo con una probabilidad del 95 % de confianza.

**Cuadro XXXVI. Análisis de varianza para el diseño factorial de las propiedades de los geles cárnicos formulados con harina de plátano (*Musa AAB Horn Plantain Cv. Harton*) verde con cáscara (sin incluir el gel control)**

Variable respuesta	Factor	Nparm	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Valor F	Prob > F	
Rendimiento de cocción	Tipo de harina	1	1	0,03208889	5,1070	0,0432**	
	Grado de sustitución	2	2	0,21334444	16,9770	0,0003**	
	TH*GS	2	2	0,03821111	3,0407	0,0854	
Textura	H	Tipo de harina	1	1	39,30002	4,1328	0,0648
		Grado de sustitución	2	2	164,83540	8,6670	0,0047**
		TH*GS	2	2	1,12961	0,0594	0,9426
	S	Tipo de harina	1	1	7,0121e-31	--	--
		Grado de sustitución	2	2	1,4024e-30	--	--
		TH*GS	2	2	1,4024e-30	--	--
	C	Tipo de harina	1	1	0,00018050	1,5077	0,2430
		Grado de sustitución	2	2	0,00003878	0,1619	0,8523
		TH*GS	2	2	0,00023633	0,9870	0,4010
	A	Tipo de harina	1	1	0,00597689	0,0648	0,8033
		Grado de sustitución	2	2	0,04804411	0,2606	0,7748
		TH*GS	2	2	0,09209344	0,4996	0,6189
G	Tipo de harina	1	1	15,542171	4,1829	0,0634	
	Grado de sustitución	2	2	87,177369	11,7312	0,0015**	
	TH*GS	2	2	0,295372	0,0397	0,9612	
Ch	Tipo de harina	1	1	1553,5295	4,1828	0,0634	
	Grado de sustitución	2	2	8713,5392	11,7303	0,0015**	
	TH*GS	2	2	29,5298	0,0398	0,9612	
L*	Tipo de harina	1	1	4,43027	0,9330	0,3531	
	Grado de sustitución	2	2	265,32481	27,9388	<0,0001**	
	TH*GS	2	2	0,50454	0,0531	0,9485	
a*	Tipo de harina	1	1	1,3888889	6,7637	0,0232**	
	Grado de sustitución	2	2	7,2587111	17,6745	0,0003**	
	TH*GS	2	2	0,1275111	0,3105	0,7388	
b*	Tipo de harina	1	1	0,0122722	0,0237	0,8802	
	Grado de sustitución	2	2	1,0209333	0,9857	0,4015	
	TH*GS	2	2	0,1773778	0,1713	0,8446	
C*	Tipo de harina	1	1	0,00642222	0,0118	0,9152	
	Grado de sustitución	2	2	0,72647778	0,6683	0,5307	
	TH*GS	2	2	0,18547778	0,1706	0,8452	
H°	Tipo de harina	1	1	25,82409	7,0291	0,0211**	
	Grado de sustitución	2	2	148,88484	20,2627	0,0001**	
	TH*GS	2	2	2,84751	0,3875	0,6869	

\*\* Significativo con una probabilidad del 95 % de confianza.



**Cuadro XXXVII. Potencia de prueba calculada para los parámetros con diferencias no significativas utilizando dos desviaciones estándar como diferencia mínima a detectar**

Variable respuesta	CME	VCME	Número de observaciones	Diferencia mínima a detectar	Potencia de prueba	
Ceniza	0,055717	0,23604	6	0,36630573	0,8557	
Grasa	0,07805	0,27937	6	0,69504345	0,9970	
Proteína	0,013067	0,11431	6	0,6240935	1	
Almidón	0,84240	0,91782	6	7,50808365	1	
pH	0,00245	0,04950	6	0,09471986	0,9581	
Color (Harina)	L*	1,98652	1,40944	6	3,39378412	0,9960
	a*	0,075317	0,27444	6	1,18680209	0,9990
	b*	0,008717	0,09336	6	1,53354387	1
	C*	0,00332	0,05762	6	1,74913632	1
	H°	2,15235	1,46709	6	4,36767795	0,9998
pH	0,002292	0,04787484	19	0,09464821	0,9900	
Capacidad de retención de agua	0,000045	0,00671	6	0,02760031	0,9999	
Solubilidad	0,001203	0,03468	6	0,04745844	0,7634	
Hinchamiento	0,084933	0,29143	6	0,40658217	0,7780	
Capacidad de Absorción de grasa	0,001867	0,04321	6	0,10963178	0,9980	
Textura	S	0	0	19	--	--
	C	0,000115	0,01072381	19	0,02073268	0,9900
	A	0,43561	0,66000758	19	0,52801584	0,9090