

**EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL BANANO COMÚN (*Musa sapientum* L)
TRANSFORMADO POR ACCIÓN DE LA LEVADURA *Candida guilliermondii***



LUISA FERNANDA CASALLAS MALAVER

TRABAJO DE GRADO
Presentado como requisito para optar al título de

Microbióloga industrial y Nutricionista dietista

CARRERAS DE MICROBIOLOGÍA INDUSTRIAL Y NUTRICIÓN Y DIETÉTICA

FACULTAD DE CIENCIAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

BOGOTÁ, D.C.

**EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL BANANO COMÚN (*Musa sapientum* L)
TRANSFORMADO POR ACCIÓN DE LA LEVADURA *Candida guilliermondii***

LUISA FERNANDA CASALLAS MALAVER

INGRID SCHULER GARCÍA

Decana Académica

JANETH ARIAS PALACIOS

**Director de Carrera Microbiología
industrial**

YADIRA CORTES

**Director de Carrera Nutrición y
Dietética**

CARRERAS DE MICROBIOLOGÍA INDUSTRIAL Y NUTRICIÓN Y DIETÉTICA

FACULTAD DE CIENCIAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

BOGOTÁ, D.C.

**EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL BANANO COMÚN (*Musa sapientum* L)
TRANSFORMADO POR ACCIÓN DE LA LEVADURA *Candida guilliermondii***

LUISA FERNANDA CASALLAS MALAVER

GERARDO MORENO DURÁN

DIRECTOR

CONSUELO PARDO ESCALLÓN

CO-DIRECTOR

YENNY MARITZA DUEÑAS

CO-DIRECTOR

MARTHA LUCÍA BORRERO

JURADO

CARRERAS DE MICROBIOLOGÍA INDUSTRIAL Y NUTRICIÓN Y DIETÉTICA

FACULTAD DE CIENCIAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

BOGOTÁ, D.C.

NOTA DE ADVERTENCIA

Artículo 23 de la Resolución N° 13 de Julio de 1946

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo velará para que no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y porque las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|---|
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Justificación | |
| 2.1 planteamiento del problema | 2 |
| 3. Marco teórico | |
| 3.1 BANANO | |
| 3.1.1 Clasificación taxonómica | 2 |
| 3.1.2 Frutos climatéricos | 2 |
| 3.1.3 Componente nutricional del banano | 3 |
| 3.1.4 Agroindustria del banano | 4 |
| 3.2 Levadura (<i>Candida guilliermondii</i>) | 4 |
| 3.2.1 Requerimientos de nutrientes | 4 |
| 3.2.2 Condiciones de crecimiento | 5 |
| 3.2.3 Antagonismo con otros microorganismos | 5 |
| 4. Objetivos | |
| 4.1 Objetivo general | 5 |
| 4.2 Objetivos específicos | 5 |
| 5. Metodología | |
| 5.1 Selección del fruto | 5 |
| 5.2 Recuperación <i>Candida guilliermondii</i> | 6 |
| 5.2.1 Reconstitución de la cepa | 6 |
| 5.2.1.1 Producción del inóculo | 6 |
| 5.2.1.2 Descripción microscópica | 6 |
| 5.2.1.3 Preparación de la levadura | 6 |
| 5.3 Tratamiento del banano (<i>Musa sapientum L</i>) con la levadura <i>Candida guilliermondii</i> (tratamiento 1), con agua (tratamiento 2) y al medio ambiente (tratamiento 3) | 6 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 5.4 | Análisis proximal..... | 7 |
| 5.5 | Determinación de la porción..... | 8 |
| 5.6 | Análisis estadístico..... | 8 |
| 6 | Resultados y discusión | |
| 6.1 | Selección del fruto..... | 8 |
| 6.2 | Reconstitución <i>Candida guilliermondii</i> | 9 |
| 6.3 | Aplicación de la levadura..... | 9 |
| 6.3.1 | Tratamiento del banano (<i>Musa sapientum L</i>) con la levadura <i>Candida guilliermondii</i> | 9 |
| 6.3.1.2 | Evaluación de pérdida de peso y grosor con el tratamiento con la levadura <i>Candida guilliermondii</i> | 10 |
| 6.3.1.3 | Evaluación de pérdida de peso y diámetro con el tratamiento con agua (10 min) y al medio ambiente..... | 12 |
| 6.4 | Características de calidad (organolépticas)..... | 13 |
| 6.4.1 | Variaciones de color y textura..... | 14 |
| 6.5 | Análisis proximal | |
| 6.5.1 | Humedad..... | 15 |
| 6.5.2 | Extracto etéreo..... | 16 |
| 6.5.3 | Fibra cruda..... | 17 |
| 6.5.4 | Cenizas..... | 18 |
| 6.5.5 | Proteína..... | 19 |
| 6.5.6 | Carbohidratos..... | 20 |
| 6.6 | Determinación de la porción..... | 21 |
| 7 | Conclusiones | 22 |
| 8 | Recomendaciones | 23 |
| 9 | Bibliografía | 24 |

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del banano por 100 g de peso neto (ICBF, 2005).

Tabla 2. Composición química y bioquímica del banano y el plátano en sus diferentes estados fisiológicos, y transformaciones, por 100 g de peso neto.

Tabla 3. Métodos para hacer análisis fisicoquímico del banano fresco y el transformado por la levadura

Tabla 4. Lectura de la absorbancia luego de las inmersiones

Tabla 5. Porcentaje pérdida peso de los bananos en los 3 tratamientos

Tabla 6. Evaluación de características organolépticas del banano en contacto con la levadura

Tabla 7. Evaluación de características organolépticas del banano al medio ambiente y con agua.

Tabla 8. Promedio de los análisis fisicoquímicos del banano fresco y el deshidratado en 100 g.

Tabla 9. Valor nutricional del banano común fresco (Dato experimental) en 100 g

Tabla 10. Valor nutricional del banano común transformado por la levadura (Dato experimental) en 100 g

Tabla 11. Composición bioquímica del banano fresco y deshidratado por porción (100 y 40 g).

LISTA DE GRAFICAS Y FIGURAS

GRAFICAS

Gráfica 1. Porcentaje relativo de pérdida de peso Vs lectura del día de observación tratamiento con levadura

Gráfica 2. % relativo de pérdida de grosor Vs lectura del día de observación.

Gráfica 3. Pérdida de peso Vs día de observación. **A.** Tratamiento con agua 10 minutos **B.** Tratamiento al medio ambiente.

Gráfica 4. Promedio de los análisis fisicoquímicos del banano fresco y el deshidratado por 100 g **A.** banano fresco **B.** banano deshidratado

FIGURAS

Fig. 1. Selección del fruto: para la selección del fruto se tomaron bananos con pesos similares y en estado de maduración 5. A bananos en estado 5 de maduración, B corte de las rodajas de banano.

Fig. 2 *Recuperación de la levadura*: Coloración de Gram de la levadura

Fig. 3 Tratamiento del banano con la levadura: preparación de la inmersión del banano en la levadura. A preparación de la levadura. B pesajes de las rodajas de banano. C. bananos luego de la inmersión, colgados con alambre inoxidable.

Fig. 4 Descripción macroscópica y microscópica luego de la inmersión del banano. **A** Observación macroscópica en agar PDA. **B** Coloración de Gram.

RESUMEN

El presente estudio confirmó que la levadura *Candida guilliermondii*, tiene la capacidad de deshidratar el banano maduro. Se analizaron rodajas de banano maduro con tres tratamientos: Por inmersión durante 10 minutos en agua, con levadura durante el mismo tiempo y al aire libre. Se evaluaron las variables contaminación, pérdida de peso y grosor a través del tiempo, cambios organolépticos en el fruto (textura, forma y color) y se hicieron análisis fisicoquímicos a los frutos deshidratados para compararse con unos frescos. Se encontró que a nivel microbiológico el banano no presentó ningún tipo de contaminación al inicio ni durante todo el desarrollo del proyecto, la levadura fue capaz de acelerar la pérdida de agua, dando como consecuencia la pérdida de peso (50%) y grosor (23%) en las rodajas de banano que estuvieron en contacto con la levadura frente a los que estuvieron en contacto con agua (0,25%) o el medio ambiente (0,30%). A nivel fisicoquímico en las rodajas de banano con la levadura se encontraron diferencias en los valores de humedad (26,4%), extracto etéreo (1,1%), fibra cruda (1,21%), cenizas (1 %), proteína (1,37%) y azúcares (69). Se encontraron variaciones en las características organolépticas principalmente en el cambio de color y el aumento de la firmeza, las rodajas del banano se fueron oscureciendo y tomaron mayor firmeza luego de pasados 3 días de la inmersión con la levadura. Finalmente, con los datos encontrados se procedió a hallar el peso de la porción del fruto transformado, el cual debía aportar nutrientes en un valor similar al fruto fresco, se determinó que la porción de fruto fresco eran 100 g y la porción de banano deshidratado 40 g.

1. INTRODUCCIÓN

Candida spp, es un microorganismo que ha sido encontrado dentro de los tejidos de algunos frutos como la cereza, la manzana y la uva (Romero, J. 2002). Sin embargo después de hacer una revisión bibliográfica en *ScienceDirect*, no se han encontrado estudios en el mundo que muestren que *Candida spp* sea capaz de producir deshidratación en los frutos.

Para establecer una metodología en la investigación de esta levadura y su interacción con el alimento, se siguieron los procedimientos realizados desde el año 2000 en la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ) entre los que se pueden encontrar los de Camero y Vargas, 2009, Buitrago y Escobar, 2009; Rubiano, 2009 para llevar a cabo la transformación de los frutos de banano.

En los mencionados estudios, se evidenció la capacidad de la levadura para producir retardación en la pudrición de los frutos. Este estudio pretende demostrar que la utilización de la levadura *Candida guilliermondii* puede producir cambios fisicoquímicos en el banano, lo cual representa una posibilidad de obtener un producto con una vida útil más prolongada.

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación liderado desde el año 2000 por la Unidad de Investigación Agropecuaria (UNIDIA) del Departamento de Microbiología de la Pontificia Universidad Javeriana.

2. JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia tiene una producción de banano de 1498,4 miles de toneladas producidas al año (FAO, 2005), lo cual produce inconvenientes con los frutos que no se comercializan. En Urabá por ejemplo, este tipo de fruta puede producir un problema sanitario al descomponerse (Espinal *et al.*, 2005).

Una posible alternativa para la solución a este problema puede ser la utilización de un proceso que se ha evaluado en trabajos preliminares en la PUJ es la deshidratación biológica de frutos maduros producida por una cepa de *Candida guilliermondii*, la cual ha mostrado capacidad de producir cambios en frutas maduras y actuar como controlador biológico de patógenos sobre este tipo de frutos (Rubiano, 2009). Es por esto, que nace la inquietud de investigar si el fruto de banano común, sometido a este proceso, primero es capaz de ser modificado al ponerse en contacto con la cepa de *Candida guilliermondii* y segundo una vez observada la acción de la levadura en el fruto, evaluar las características fisicoquímicas, así, como las de calidad teniendo en cuenta parámetros organolépticos, finalmente poder determinar la porción del banano deshidratado que aporte en cantidad similar el contenido en nutrientes al fruto fresco.

El presente trabajo pretende entonces, responder a dos preguntas de investigación: ¿Es capaz la cepa de *Candida guilliermondii* de producir cambios en el banano común, cuando se ponen en contacto? ¿Si se producen cambios, éstos pueden llegar a afectar los valores fisicoquímicos y las características organolépticas del fruto al compararlos con los del producto fresco?

3. MARCO TEÓRICO

3.1 BANANO

El banano común es una especie frutal, el fruto puede tener entre 80 a 120 gramos de peso. Este fruto se caracteriza por ser de forma curvilínea, color amarillo, sabor dulce, textura dura. Nutricionalmente es considerado un alimento altamente energético, con hidratos de carbono fácilmente asimilables, pero pobre en proteínas y lípidos (Sierra, 1993, Da Mota *et al.*, 2000).

3.1.1 Clasificación taxonómica

El banano y el plátano pertenecen al orden **Escitaminales** (6 familias), familia: **Musáceas** (3 subfamilias) y género: **Musa**, este género está dividido en 5 secciones, de los que la sección: Eumusa comprende las dos especies: **Musa acuminata** (banano) y **Musa Balbisiana** (plátano) (Cardeñosa, 1995).

3.1.2 Frutos climatéricos

Los bananos al pertenecer al grupo de frutos climatéricos, siguen madurando después de la cosecha. Estos frutos experimentan una actividad respiratoria muy alta hasta que se da inicio a la elevación climatérica, una vez en este estadio la maduración es un proceso irreversible que puede

ser atrasado pero no detenido por factores externos. En el caso de este fruto, se ha observado que presenta aumentos en la producción de etileno al comienzo de la maduración (Ovalle *et al.*, 1999).

3.1.3 Componente nutricional del banano

Los bananos tienen un considerable valor nutricional. Son conocidos por su alto contenido en carbohidratos, potasio y fósforo (ICBF, 2005). El potasio, se encuentra en gran cantidad en este alimento, es un mineral importante para controlar el equilibrio electrolítico del cuerpo, también es esencial para la función muscular, la transmisión de impulsos nerviosos y el buen funcionamiento del corazón y los riñones (Romero, 2002).

Los valores de los contenidos en nutrientes del banano fueron tomados de los datos de la tabla de Composición Nutricional de Colombia desarrollada por el ICBF en el 2005 (tabla 1), esta fue usada para hacer la comparación de los datos teóricos y los datos obtenidos después del análisis fisicoquímico, así como para la determinación de la porción.

Tabla No 1. Composición química del banano por 100 g de peso neto.

| ALIMENTO | FUENTE | CALORÍAS | AGUA g | PROTEÍNA g | GRASA T g | CARBOHIDRATOS g | FIBRA CRUDA g | CENIZAS g |
|-------------------------------|--|----------|-----------|---------------|--------------|--------------------|------------------|--------------|
| Banano común (pulpa) 100 g | Tabla de Composición de Alimentos del ICBF, 2005 | 101 | 74,50 | 3,05 | 0,10 | 20,45 | | 0,90 |

Se encontró que por métodos convencionales de conservación como el secado y el deshidratado se producen cambios en la composición nutricional del fruto, en la tabla 2 se puede observar el aumento en todos los valores evaluados por métodos como el secado y el deshidratado, dado por la pérdida de agua lo cual hace que se concentren todos los nutrientes (Aurore *et al.*, 2009).

Tabla No 2. Composición química y bioquímica del banano y el plátano en sus diferentes estados fisiológicos, y transformaciones, por 100 g de peso neto.

| Component or parameter | Unit | Sweet banana pulp | | | | Plantain pulp | |
|------------------------|------|-------------------|---------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------|
| | | Ripe ^a | Unripe ^b | Dried ^a | Dehydrated or flour ^a | Unripe ^c | Ripe |
| Energy | Kcal | 89 | 110 ^b | 257 | 340 | 91 | 122 ^e |
| Water | g | 74 | 69 ^b | 28 | 3.0 | 63 | 65 ^e |
| Protein | g | 1.1 | 1.4 ^b | 3.0 | 3.9 | 0.8 | 1.3 ^e |
| Total lipid | g | 0.3 | 0.2 ^b | 1.0 | 1.8 | 0.1 | 0.37 ^e |
| Carbohydrate | g | 21.8 | 28.7 ^b | 63.0 | 82.1 | 24.3 | 32 ^e |
| Dietary fibre | g | 2.0 | 0.5 ^b | 5.5 | 7.6 | 5.4 | 2.0–3.4 ^e |
| Na | mg | 1.0 | | 8.0 | 3.0 | | 4.0 ^e |
| K | mg | 385.0 | | 1150.0 | 1491.0 | | 500 ^e |
| Ca | mg | 8.0 | 8 ^b | 20.0 | 22.0 | 7 | 3.0 ^e |
| Mg | mg | 30 | | 90.0 | 108.0 | 33 | 35.0 ^e |
| P | mg | 22 | | 75.0 | 74.0 | 35 | 30.0 ^e |
| Fe | mg | 0.42 | 0.9 ^b | 1.3 | 1.15 | 0.5 | 0.6 ^e |
| Cu | mg | 0.11 | | 0.4 | 0.39 | 0.16 | |
| Zn | mg | 0.18 | | 0.5 | 0.61 | 0.1 | |
| Mn | mg | 0.2 | | 0.57 | 0.57 | 15 | |
| Eq. β-carotene | μg | 68.0 | 48.3 ^b | 150.0 | 183.0 | 0.03–1.20 | 390–1035 ^d |
| Vitamin E | mg | 0.29 | | 0.6 | | – | |
| Vitamin C | mg | 11.7 | 31 ^b | 4.0 | | 20 | 20 ^d |
| Thiamin | mg | 0.04 | 0.04 ^b | 0.1 | 0.18 | 0.05 | 0.08 ^d |
| Riboflavin | mg | 0.07 | 0.02 ^b | 0.18 | 0.24 | 0.05 | 0.04 ^d |
| Niacin | mg | 0.61 | 0.6 ^b | 2.0 | 2.8 | 0.7 | 0.6 ^d |

^a CIQUAL – CNEVA (1993).

^b Anonymous (1981).

^c Marriott and Lancaster (1983).

^d Woolfe (1992).

^e Lassoudière (2007).

3.1.4 Agroindustria del banano

En Colombia se han hecho algunos intentos por industrializar la fruta. Por ejemplo en Santa Marta, C.I. Técnicas Baltime de Colombia S.A. (TECBACO), filial de Dole Co instaló una planta para madurar y deshidratar banano para la fabricación de bananos pasos, sin embargo debido a problemas de comercialización del fruto, no se pudo consolidar el desarrollo del producto. Así mismo se intentó crear una planta para hacer harina de banano (Bananarina), pero se presentaron problemas de suministro de materia prima, lo cual limitó de igual forma este producto. En Urabá la fruta que no se exporta constituye un problema sanitario, por lo que han existido algunos intentos por establecer una planta para deshidratar la fruta, pero hasta ahora no se ha consolidado el proyecto (Espinal *et al.*, 2005).

En bases de datos como *ScienceDirect* se han encontrado diversas técnicas para la conservación del banano, para tratar de retardar su maduración lo más que se pueda y así evitar su descomposición. Éstos han sido investigados con cáscara, sin cáscara, cortados en rodajas, en forma de harina, entre otras (Demirel y Turhan, 2003). Una alternativa es el proceso de secado para los bananos que no son rápidamente consumidos; involucra un tiempo total de 12 horas de proceso, Sin embargo el convencional secado por aire implica un gasto de energía intensiva y consecutivamente un costo elevado (Fernández y Rodríguez, 2007). Este proceso fácilmente usa hasta un 15% de toda la energía de la industria, casi siempre con una baja eficiencia térmica en el rango de 25-50%, otra desventaja es la pérdida de nutrientes por las altas temperaturas y cambios propios del fruto (Boudhrioua *et al.*, 2003; Nguyen y Price, 2007.)

La deshidratación osmótica es otro método ampliamente estudiado, consiste en la remoción parcial del agua de las frutas inmersas en una solución hipertónica, tiempo total del proceso (13 horas). Este tipo de deshidratación remueve el agua del alimento solo a cierto nivel, el cual es todavía muy alto para preservar el alimento (Mercali *et al.*, 2010, Fernández *et al.*, 2006).

3.2 LEVADURA (*Candida guilliermondii*)

Esta cepa no patógena, perteneciente a la clase Blastomycetes que comprende las levaduras en 40 secciones, se aisló en la Pontificia Universidad Javeriana en el año 1998 de tomates heteroinjertados y cultivados en Sogamoso. Las pruebas confirmatorias de género y especie se realizaron después en trabajos de Buitrago y Escobar (2009), con el kit API 20C AUX, se confirmó que se trataba del género *Candida* y la especie *guilliermondii* con un 99,7% de certeza. En el 2009, Rubiano, determinó que su velocidad de migración en el banano maduro era: para la pulpa exterior (PE) de 0,9 mm/d y en la pulpa centro (PC) de 1,6 mm/d.

3.2.1 Requerimientos de nutrientes

Estas levaduras crecen en presencia de concentraciones de soluto como azúcar y sal superiores a la mayoría de los microorganismos por ejemplo las bacterias, esto debido a que necesitan menos humedad. Requieren de 3 nutrientes esenciales: fuente de carbono, nitrógeno y algunos minerales

en pequeñas cantidades, complementados con un medio que tenga sustrato de malta o jugos de frutas (Koneman, 1997).

3.2.2 Condiciones de crecimiento

Son capaces de desarrollarse en temperaturas entre 25 y 30°C, usualmente se desarrollan en ambientes ácidos entre 4-4.5 y en presencia de oxígeno, sin embargo cuando no lo hay, ellas pueden cambiar a metabolismo anaeróbico o fermentativo, el cual produce menor cantidad de biomasa así como la formación de alcohol (Brock, 1997).

3.2.3 Antagonismo con otros microorganismos

Usualmente se da por competencia de nutrientes con microorganismos como bacterias y hongos, se hace a través de la inducción de cambios de pH debido a la excreción de ácidos orgánicos como resultado de su actividad metabólica (El Ghaouth *et al.*, 2000). Se ha observado que esta cepa en su metabolismo produce metabolitos secundarios como el xilitol o el acetilo de metilo, los cuales de igual forma inhiben el crecimiento de otros microorganismos (Romero, 2002).

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Estudiar la transformación del banano común (*Musa sapientum L*) a partir de una cepa de *Candida guilliermondii* asilada en la Pontificia Universidad Javeriana para realizar un análisis comparativo del fruto transformado.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la inoculación de la cepa de *Candida guilliermondii* al banano común, para poder estudiar la transformación que sufre el fruto.
- Analizar los cambios producidos a nivel fisicoquímico de los bananos frescos y los transformados por la Levadura *Candida guilliermondii*.
- Determinar las características de calidad (organolépticas) de las rodajas de banano común al ponerse en contacto con la cepa de *Candida guilliermondii*.
- Determinar la porción del banano común transformado por acción de la levadura, el cual aporte un valor nutricional similar al de un banano fresco.

5. METODOLOGÍA

5.1 Selección del fruto

Se adquirieron en el comercio 20 unidades de banano común maduro, de los cuales se seleccionaron 15 bananos (*Musa sapientum L*) (figura 1), agrupados de acuerdo al estado de

maduración número 5 propuesta por Aurore *et al.*, 2009 y con un peso promedio de 129 g. Se les retiró la cascara y a continuación cada uno de los bananos fue cortado en 25 rodajas con un cortador en acero inoxidable de 5mm de grosor.

5.2 Recuperación *Candida guilliermondii*:

La cepa de la levadura *Candida guilliermondii* fue aislada en el año 1998 en frutos de tomate HIB, desde ese año se han desarrollado varios proyectos, por lo cual esta investigación inicia con la recuperación de la levadura proveniente de cepas liofilizadas provenientes del cepario de UNIDIA.

5.2.1 Reconstitución de la cepa:

Este proceso inició en el laboratorio con la hidratación de la cepa liofilizada de la hora 8, añadiéndole al frasco con la cepa 2 ml de agua destilada para obtener un volumen de 4 ml de suspensión esta fue llevada a incubación por 24 horas a una temperatura de 30° C, a partir de esta se hizo la producción del inóculo.

5.2.1.1 Producción del inóculo:

Se adicionaron 3,5 mL de suspensión de la levadura en la solución de caldo YGC (20 g/L) para completar 35 ml de solución. Luego fue colocada en un shaker durante 24 horas a 150 rpm y una temperatura de 27°C (Buitrago y Escobar, 2009)

5.2.1.2 Descripción microscópica:

Con el fin de verificar pureza de la cepa reconstituida se realizó una observación microscópica, se tomó una azada de la solución que contenía la levadura y fue llevada a una lámina para ser teñido con la coloración de Gram.

5.2.1.3 Preparación de la levadura

Se tomaron 30 mL del inóculo previamente enriquecido, para ser agregados a 270 mL de caldo YGC en un erlenmeyer de 500 mL, que fue llevado a un shaker a 150 rpm durante 24 horas a una temperatura de 27 °C, de igual forma se leyó al espectrofotómetro a 620 nm para poder compararse con la curva de peso seco y así poder hallar la concentración inicial de la levadura (Buitrago y Escobar, 2009)

5.3 Tratamiento del banano (*Musa sapientum L*) con la levadura *Candida guilliermondii* (tratamiento 1), con agua (tratamiento 2) y al medio ambiente (tratamiento 3).

Luego de tener los frutos seleccionados, 5 bananos cortados en 25 rodajas cada uno (125 rodajas para cada uno de los tratamientos), de diámetro, peso, apariencia de color y maduración similar, fueron sumergidos en la concentración de la levadura que se encontraba en una bandeja de icopor de 400 ml de capacidad, el tiempo de inmersión fue de 10 minutos, este medio con la levadura fue aplicado por separado para cada uno de los bananos, teniendo en cuenta que luego de pasados los

10 minutos de inmersión con el primer banano este mismo medio era agregado a otra bandeja de icopor para empezar de nuevo la inmersión por otros 10 minutos y así consecutivamente para cada uno de los bananos , los 10 minutos de inmersión fueron adecuados debido a que en ese tiempo se logro adherencia por parte de la levadura a las rodajas de banano. Luego de pasado el tiempo de inmersión de cada uno de los bananos, se dejaron escurrir y secar las rodajas de banano en bandejas de icopor colgados en alambre de acero inoxidable. El ensayo se realizó bajo condiciones ambientales del laboratorio biotecnología industrial de la PUJ con temperatura entre 19 y 20 °C.

Se hicieron siembras por duplicado luego de cada una de las inmersiones con la levadura y se sembraron en agar PDA, luego de pasado el tiempo de incubación (24 horas) se realizó una observación macroscópica de las colonias teniendo en cuenta parámetros de morfología como el aspecto superficial y color. Además se tomaron azadas del medio luego de cada una de las inmersiones y se pusieron en láminas para la observación microscópica por medio de una coloración de Gram y se hicieron lecturas en el espectrofotómetro para medir absorbancia a 620 nm y así poder conocer la concentración de levadura luego de las inmersiones.

Cada 3 días se hicieron 3 pesajes al azar ⁽¹⁾ a 5 rodajas de bananos para evaluar pérdida de peso, los primeros días se sacaron del alambre para hacer los respectivos pesajes, sin embargo a partir del día 3, cuando ya estaban con mayor firmeza, se pusieron en las bandejas individualmente y se fueron volteando cada día. De igual forma, se tomaron medidas de grosor. Para evaluar las características organolépticas se observaron los cambios propios del fruto como color, textura y forma. Este mismo procedimiento se hizo para los 5 bananos (25 rodajas) que se pusieron en el tratamiento de inmersión por 10 minutos en agua destilada y los 5 bananos (25 rodajas) que fueron puestos al tratamiento medio ambiente. Luego de 12 días se detuvo el proceso, colocando los bananos en refrigeración a 4°C. A partir de estos bananos se hicieron los análisis fisicoquímicos.

5.4 Análisis proximal

Para los tratamientos frutos frescos y fruto transformado por acción de la levadura, se tomaron 5 muestras de cada banano y se realizaron cada uno de los siguientes procedimientos:

Tabla No 3. Métodos para hacer análisis fisicoquímico del banano fresco y el transformado por la levadura

| ANÁLISIS | METODOLOGÍA |
|-----------------|--|
| HUMEDAD | A.O.A.C 7.003/84, 930.15/90 adaptado por Bernal, 1998 |
| EXTRACTO ETERÉO | A.O.A.C 7.060/84, 920.39/90 adaptado por Bernal, 1998 |
| FIBRA | A.O.A.C 7.066/84, 962.09/90 adaptado por Bernal, 1998 |
| PROTEÍNA | A.O.A.C 960.52 adaptado por Bernal, 1998 |
| CENIZAS | A.O.A.C 31.012/84, 940.26/90 adaptado por Bernal, 1998 |

¹ Para escoger las rodajas de bananos que se iban a medir, se colocaron 25 números en una bolsa y cada dos días se sacaron 5 números correspondientes a las rodajas de cada banano que se iban a medir.

El contenido de carbohidratos presente en las muestras se halló por diferencial, es decir, se hizo la suma de todos los resultados y a 100 se le resto el resultado.

5.5 Determinación de la porción

Tomando como base los valores de contenido de nutrientes en 100 gramos de parte comestible de la tabla de Composición de Alimentos del ICBF del 2005 y la tabla presentada por Aurore *et al* en el 2009, se hicieron las comparaciones con los resultados obtenidos en el análisis fisicoquímico de las rodajas de banano.

Para la determinación de la porción del banano fresco, a partir de la cual se hallaría la del banano transformado, se tuvo en cuenta la definición presentada en la resolución 288 del 2008 del Ministerio de Protección Social, Título II, Capítulo I (definiciones), artículo 3, y el anexo 1 (tabla 2,5) de la misma Resolución. Luego de definir la porción se hicieron los cálculos para determinar qué cantidad del banano deshidratado por la levadura era necesario para aportar de manera similar el contenido de nutrientes que tiene el banano fresco. Para el contenido de macronutrientes y para los valores de minerales y vitaminas se tomaron datos teóricos de la tabla de Composición nutricional del ICBF, 2005.

5.6 Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se empleó el software de estadística SPSS, versión 17.0 para Windows. Primero se hizo un análisis de varianza ANOVA a los pesos iniciales de las rodajas de bananos para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas para cada uno de los tratamientos. Con los datos obtenidos de los promedios de los pesos del banano de los tratamientos 1, 2 y 3, se analizó estadísticamente por medio de ANOVA y prueba T, con el fin de evaluar el comportamiento de los datos obtenidos. Finalmente se hicieron pruebas de T para evaluar los datos obtenidos del análisis fisicoquímico.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Selección del fruto

Luego de hacer el análisis estadístico, se observó que los pesos iniciales de los bananos, no presentaron tener diferencias significativas al tener un valor de $P= 0,95$; lo que permitió seguir con el estudio al obtener resultados confiables para la comparación de los tratamientos.



Fig. 1. Selección del fruto: para la selección del fruto se tomaron bananos con pesos similares y en estado de maduración 5. A bananos en estado 5 de maduración, B corte de las rodajas de banano.

6.2 Reconstitución de *Candida guilliermondii*:

Descripción microscópica y lectura al espectrofotómetro

Al realizar la coloración de Gram de la suspensión que contenía la levadura, se pudieron observar células ovaladas, en estado de gemación y teñidas como Gram positivas. De igual forma no se observó la presencia de microorganismos contaminantes.

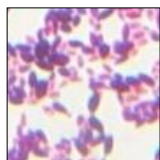


Fig. 2 Recuperación de la levadura: Coloración de Gram de la levadura

Luego de hacer la lectura al espectrofotómetro y hacer la respectiva comparación con la curva de peso seco de *Candida guilliermondii* presentada por Buitrago y Escobar en el 2009, se determinó que la concentración inicial de la levadura era de $4,8 \times 10^6$ UFC/mL.

6.3 Aplicación de la levadura

6.3.1 Tratamiento del banano (*Musa sapientum L*) con la levadura *Candida guilliermondii*:

Luego de la preparación de la levadura y de asegurarse que no estuviera contaminada se procedió a hacer la inmersión del banano por 10 minutos con la levadura (concentración de $4,8 \times 10^6$ UFC/mL).



Fig. 3 Tratamiento del banano con la levadura: preparación de la inmersión del banano en la levadura. A. preparación de la levadura. B pesajes de las rodajas de banano. C. bananos luego de la inmersión, colgados con alambre inoxidable.

Luego de la siembra de la levadura proveniente de las inmersiones que se hicieron en el agar PDA se observaron características macroscópicas propias de la levadura como colonias cremosas y lisas, al hacer la coloración de Gram se observaron células ovaladas en estado de gemación teñidas Gram positivas. En ninguno de los bananos se observó contaminación ambiental, lo cual indica que la levadura es capaz de ayudar al fruto y protegerlo de cualquier otro microorganismo. Uno de los posibles mecanismos es disminuir la cantidad de agua, lo cual hace que este fruto no provea los suficientes nutrientes para otros microorganismos, de igual forma se ha observado en su metabolismo que al ser capaz de degradar azúcares y producir alcoholes inhibe de igual forma el crecimiento de otros contaminantes (Buitrago y Escobar, 2009).

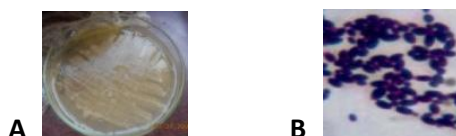


Fig. 4 Descripción macroscópica y microscópica luego de la inmersión del banano. **A** Observación macroscópica en agar PDA. **B** Coloración de Gram.

Luego de cada una de las inmersiones se hicieron las lecturas en el espectrofotómetro a 620 nm observándose los siguientes resultados.

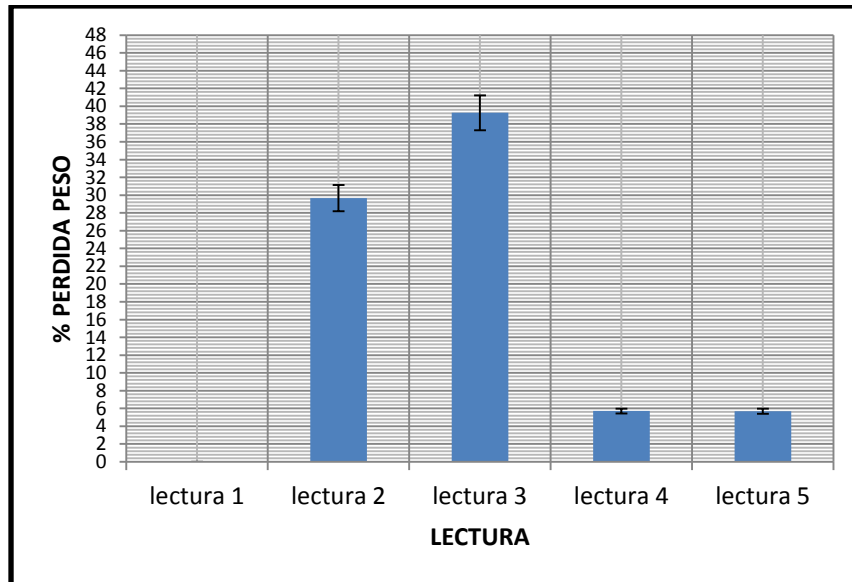
Tabla No 4. Lectura de la absorbancia luego de las inmersiones

| Lectura | Absorbancia a 620 nm | UFC / ml |
|-------------------|----------------------|-------------------|
| Inicial | 0,757 | $4,8 \times 10^6$ |
| Primera inmersión | 0,755 | $4,2 \times 10^6$ |
| Segunda inmersión | 0,753 | $3,6 \times 10^6$ |
| Tercera inmersión | 0,750 | $3,2 \times 10^6$ |
| Cuarta inmersión | 0,747 | $2,8 \times 10^6$ |
| Quinta inmersión | 0,747 | $2,8 \times 10^6$ |
| Final | 0,747 | $2,8 \times 10^6$ |

Se pudo observar que la absorbancia inicial fue de 0,757 ($4,8 \times 10^6$ UFC / ml), valor que fue disminuyendo conforme pasaron las inmersiones, debido a la adhesión por parte de la levadura al fruto. Luego de la cuarta inmersión se observó que no hubo disminución en la concentración de la levadura debido a las trazas del banano que se fueron soltando en las inmersiones anteriores, esto produjo que no fuera posible observar la disminución en la concentración de la levadura, afectándose la lectura obteniéndose valores de 0,747 ($2,8 \times 10^6$ UFC / ml) hasta la lectura final. Se hizo un análisis de varianza ANOVA a las rodajas de banano para establecer diferencias significativas entre éstas, se pudo observar que con valores de $P= 0,18, 0,54, 0,08, 0,06$ y $0,92$ no existieron diferencias significativas entre las rodajas de los bananos lo cual permitió continuar con el estudio.

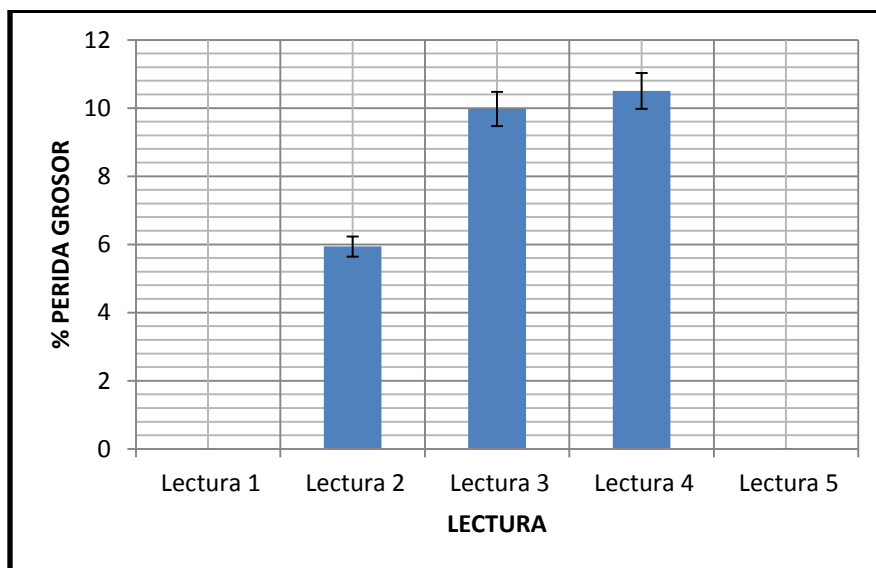
6.3.1.2 Evaluación de pérdida de peso y grosor con el tratamiento con la levadura *Candida guilliermondii*

En el tratamiento con la levadura (tratamiento 1) se pudo observar una pérdida de peso del 50 %, perteneciente a la pérdida del peso inicial promedio de las rodajas de 4,04 g a 2,0 g peso promedio final. En la primera lectura, no se observó ningún cambio de peso de las rodajas (4,04 g), luego de pasados 3 días, se observaron cambios en el fruto con un porcentaje relativo de pérdida de peso de 29 %. En la lectura 3 se observó un porcentaje de pérdida de peso de 39,4 %, valor que disminuyó en la lectura 4 a 5,70 % y finalmente, el último día de observación se presentó una pequeña pérdida de peso de solo 5,68 % (gráfica 1).



Gráfica 1. Porcentaje relativo de pérdida de peso Vs lectura del día de observación tratamiento con levadura

Así mismo, se pudo observar una pérdida en el grosor de la rodaja de banano del 23%, perteneciente a la pérdida del grosor inicial promedio de las rodajas de 5,00 mm a 3,08 mm grosor promedio final, está pérdida de grosor fue consecuente con la pérdida de peso que se fue presentando (gráfica 2). En este caso el porcentaje relativo de pérdida de grosor inició en la lectura 2 con un porcentaje de 5,9 %, luego fue aumentando en la lectura 3 con un porcentaje de 9,97 %, hasta la lectura 4 en la que se presento una pérdida del 10, 5% a partir de la cual no se presento más pérdida.



Gráfica 2. % relativo de pérdida de grosor Vs lectura del día de observación.

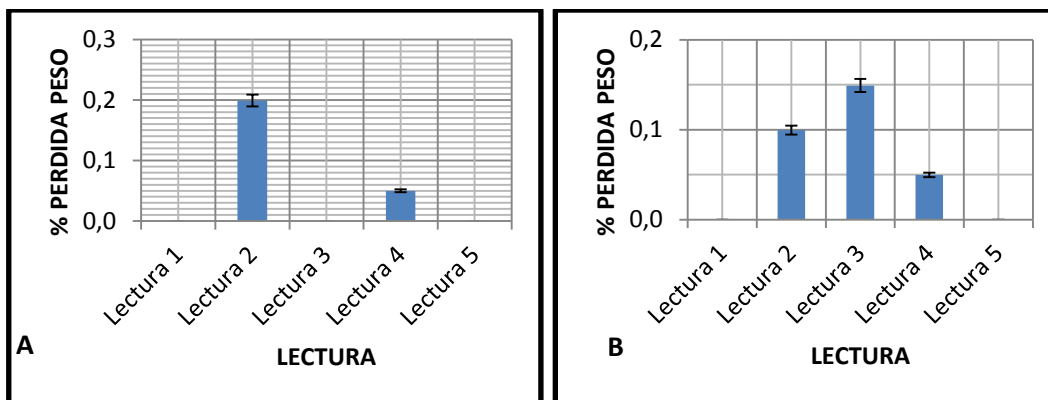
Estos cambios en peso y grosor probablemente se produjeron debido a que luego de la inmersión del fruto con la levadura, primero se produjo una adherencia de la levadura a la pulpa y luego una reducción de peso por acción de la biotransformación de los azúcares como la sacarosa, la glucosa y la fructosa, presentes en el banano por parte de la levadura, los cuales fueron transformados en alcoholes que se unieron con el agua y se volatilizaron en el ambiente, con la consiguiente pérdida de peso porcentual, de igual forma el agua disponible fue tomado por la levadura para la generación de energía, por lo que esta agua se hidrolizó ó se evaporó y por tanto se disminuyó su cantidad dentro del fruto y de esta manera se desaceleró la actividad de la levadura (Wills *et al*, 1984).

Luego de la degradación de la levadura de los azúcares del banano, se produjeron algunos ácidos como el succínico, acético, fórmico y propiónico, que disminuyeron el pH del medio (rodaja del banano), lo cual parece no afectar el desarrollo de la levadura (Buitrago y Escobar, 2009).

El estado de maduración también fue determinante debido a que la levadura pudo utilizar los azúcares como la glucosa y la fructosa que se encontraban disponibles en este estado diferente de los que se hubieran encontrado en un estado menos maduro como el almidón. Ésto debido a que la levadura no cuenta con enzimas especializadas para hidrolizar esos azúcares; específicamente en el caso del almidón, es necesario esperar su hidrólisis por acción de la hormona de maduración etileno para que luego una vez degradados en compuestos más simples la levadura pueda actuar. Finalmente el día de la lectura 4 se observó que las rodajas ya no estaban perdiendo peso, lo cual se produjo por la alta concentración de azúcares que todavía estaban en el fruto, que generaron un proceso de osmosis afectando así el crecimiento de la levadura debido a la competencia generada por el agua (Lindsey y Jones, 1992).

6.3.1.3 Evaluación de pérdida de peso y diámetro con el tratamiento con agua (10 min) y al medio ambiente.

En el tratamiento con agua (tratamiento 2) se pudo observar una pérdida de peso del 0,25%, perteneciente a la pérdida del peso inicial promedio de las rodajas de 4,02 g a 4,01 g peso promedio final, la pequeña reducción presentada pudo ser causada por factores fisiológicos naturales del proceso de maduración, como el ablandamiento del fruto por la descomposición de la protopectina. Igualmente se ha observado que dentro de los procesos de maduración existe una hidrólisis, la cual produce pérdidas de agua produciendo descomposición del fruto (Hubbard *et al.*, 1990).



Gráfica 3. Pérdida de peso Vs día de observación. **A.** Tratamiento con agua 10 minutos **B.** Tratamiento al medio ambiente.

El tratamiento de los bananos al medio ambiente (tratamiento 3) mostró una pérdida de peso del 0,30%, perteneciente a la pérdida del peso inicial promedio de las rodajas de 4,035 g a 4,022 g peso promedio final, estos fueron analizados estadísticamente obteniéndose que con un valor de $P=0,65$ no presentaron tener diferencias significativas.

Al hacer la comparación del porcentaje de pérdida de peso del tratamiento del banano con la levadura y los controles (agua 10 minutos y medio ambiente), se puede observar mayor pérdida de peso con el tratamiento con la levadura debido a todos los factores mencionados anteriormente (tabla 4 y grafica 1,2 y 3).

Tabla No 5. Porcentaje promedio pérdida peso de los bananos en los 3 tratamientos

| LECTURAS FINALES | % PERDIDA PESO | | |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | \bar{x} Tratamiento 1 | \bar{x} Tratamiento 2 | \bar{x} Tratamiento 3 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 29,04 | 0,199 | 0,099 |
| 3 | 39,442 | 0 | 0,149 |
| 4 | 5,67 | 0,050 | 0,050 |
| 5 | 5,70 | 0 | 0 |

Tratamiento 1: inmersión con levadura

Tratamiento 2: inmersión en agua




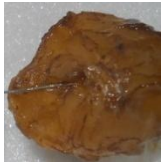

Tratamiento 3. Medio ambiente.

6.4 Características de calidad (organolépticas)

6.3.1 Variaciones de color y textura

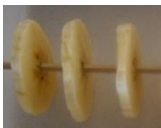
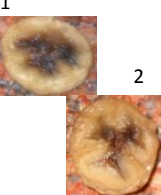


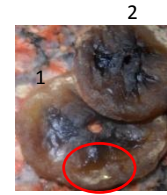
Los cambios de color de las rodajas de banano a través del tiempo (tabla 5-6), se compararon con datos presentados por Demirel y Turhan, 2003. Inicialmente las rodajas que se pusieron en contacto con la levadura eran de un color crema (amarillo claro-blanco) que tenían una pulpa firme y de forma redonda, que fueron cambiando a un color más oscuro conforme pasaban los días hasta finalmente adquirir un color café oscuro con manchas negras, una firmeza muy dura y sin forma definida.

Tabla No 6. Evaluación de características organolépticas del banano en contacto con la levadura.

| | Lectura 1 | Lectura 2 | Lectura 3 | Lectura 4 | Lectura 5 |
|--------------------|---|--|--|--|---|
| DÍA DE OBSERVACIÓN |  |  |  |  |  |
| COLOR RODAJAS | Color crema (amarillo claro-blanco) | Color crema (amarillo), aparición de venas café | Color amarillo oscuro con porciones café. | Color café con desvanecidos amarillos, con porciones negras | Color café oscuro con presencia de partes negras. |
| TEXTURA | Pulpa firme, se rompe al doblarse y al tacto se siente húmedo, suave y es brillante | Pulpa no muy firme, y al doblarse se rompe y se observa algo de humedad, es lisa y brillante | Pulpa medianamente firme, es flexible y menor grado de humedad. Al tacto es lisa y brillante | Pulpa firme, no se observa humedad mantiene su flexibilidad. Al tacto no es lisa no suave y es opaca | Muy firme, su textura es dura, no se rompe al doblarse, y mantiene algo de humedad, al tacto es áspera y opaca. |
| FORMA | Redonda | redonda | Redonda casi ovalada | Sin forma. | Sin forma |

En los bananos que se pusieron en tratamiento con agua y al medio ambiente, se pudo observar cambios propios de la maduración del fruto en ambos casos, en cuanto a sus características organolépticas no se encontraron variaciones entre un tratamiento y el otro, solo en el día de la lectura 5, se observó la aparición de un color blanco en el borde de uno de los bananos en tratamiento con agua, perteneciente a algún tipo de contaminación biológica, posiblemente debido al contenido de agua presente que promovió algún tipo de crecimiento microbiano.

Tabla No 7. Evaluación de características organolépticas del banano con agua (1) y al medio ambiente (2).

| | Lectura 1 | Lectura 2 | Lectura 3 | Lectura 4 | Lectura 5 |
|--------------------|---|---|--|---|---|
| DÍA DE OBSERVACIÓN |  |  |  |  |  |
| COLOR RODAJAS | Color crema claro. | Color amarillo, en el centro se observa coloración negra | Color amarillo medio manchas negras en el centro | Color café, con porciones negras | Color café oscuro con presencia de partes negras. (tratamiento con agua): Presencia de color blanco en el borde (contaminación biológica) |
| FIRMEZA | Pulpa firme, pero que se rompe al doblarse. Al tacto es suave, lisa y brillante | Pulpa no muy firme, presencia de agua, al tacto es suave y brillante. | Pulpa sin firmeza, presencia de agua. Al tacto es lisa y brillante | Pulpa sin firmeza, muy blanda y suave | Pulpa blanda, suave pero opaca |
| FORMA | Redonda | redonda | Redonda casi ovalada | redonda | Sin forma definida |

Tanto en los controles como en los frutos con la levadura se evidenció una disminución de firmeza y cambio de color probablemente dado por varios factores: la acción de las pectinasas sobre la pectina presente y las amilasas sobre el almidón, así como por el rompimiento en la pared de los polisacáridos pécticos, que se vuelven más solubles y pierden peso molecular (Salvador *et al*, 2007).

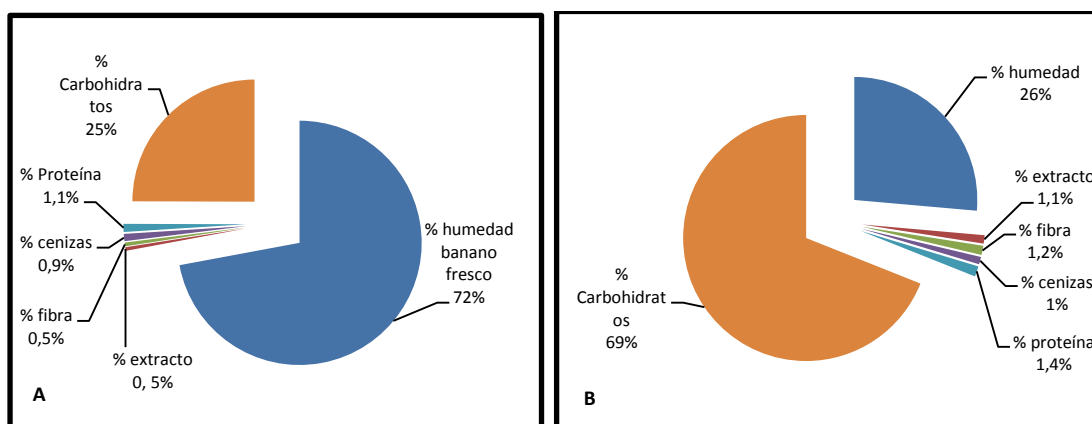
El cambio de color oscuro (café con manchas negras) producido en los bananos con la levadura está relacionado con el nivel de ácido ascórbico que aumenta cuando la levadura está en contacto con el fruto y el contenido de polifenoles, los cuales producen un pardeamiento de la pulpa que está relacionada con estos factores (Cayon *et al.*, 2000).

Se observó que en los bananos en contacto con la levadura no se produjo ningún tipo de contaminación, mientras que en los bananos en tratamiento con agua y al medio ambiente si se observó un crecimiento microbiano, lo cual afirma la capacidad de la levadura de proteger el fruto al disminuir el agua disponible y promover la producción de ácidos que evitan el crecimiento y desarrollo de otros microorganismos.

6.5 Análisis proximal

Tabla No 8. Promedio de los análisis fisicoquímicos del banano fresco y el deshidratado en 100 g

| % humedad banano fresco | % humedad banano deshidratado | % extracto banano fresco | % extracto banano deshidratado | % fibra banano fresco | % fibra banano deshidratado | % cenizas banano fresco | % cenizas banano deshidratado | % Proteína banano fresco | % proteína banano deshidratado | % Carbohidratos banano fresco | % Carbohidratos banano deshidratado |
|-------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 72,1 | 26,4 | 0,5 | 1,1 | 0,5 | 1,2 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 2,4 | 24,9 | 68,9 |



Gráfica 4. Promedio de los análisis fisicoquímicos del banano fresco y el deshidratado por 100 g **A.** banano fresco **B.** banano deshidratado

6.4.1 Humedad

Este análisis indica la cantidad de agua que contiene un alimento, lo cual es de gran importancia para la calidad del mismo, debido a que dependiendo de la humedad que posea el alimento será más fácil de conservar y de esta forma podrá tener menos probabilidad de contaminación (Ureña y Encina, 2007).

En la gráfica 4 se pudo observar un porcentaje de humedad en los bananos frescos que tenían un peso promedio de 100 g de 72,1 %, este valor es similar a los datos reportados por la tabla de Composición de Alimentos del ICBF, 2005 y Aurore *et al* en el 2009 que muestran valores de 74,5 y 74%, evidenciando que a mayor peso, mayor porcentaje de humedad. En la maduración el contenido de agua en la pulpa aumenta no solo por la hidrólisis del almidón, sino también por el movimiento osmótico del agua de la cáscara hacia la pulpa; una vez el agua se encuentra en la pulpa se producen pérdidas de agua en los bananos conforme continúa el proceso de maduración. En el caso del banano deshidratado, que presentó un peso promedio de 40 g se observó un porcentaje menor de pérdida de humedad 26,4%, posiblemente por el poco contenido de agua que tenían en su interior como consecuencia de la acción de la levadura, la cual al degradar los azúcares y otros compuestos indujo a una pérdida de agua en los frutos (Buitrago y Escobar, 2009). Esta poca cantidad de agua combinada o adsorbida encontrada es la que se encuentra unida a la pared celular, o a otros compuestos como proteínas y sales. Por métodos convencionales se han encontrado porcentajes de humedad de 28% para secado y 3,0% para deshidratado (Aurore *et al.*, 2009), el valor obtenido es similar al del secado, debido a que existe una pérdida de humedad alta, solo que en el caso del secado es debido a las altas temperaturas a las que se expone el alimento. Para el caso del deshidratado convencional el valor del contenido de agua es menor que el obtenido debido a características específicas del proceso el cual está diseñado para producir pérdidas de más del 80 %.

La prueba estadística T, arrojó resultados que indicaron que existían diferencias significativas entre los datos obtenidos con valores de $P= 0,02$, por lo que se pudo concluir que no existe asociación entre la humedad y los bananos (frescos y deshidratados), debido a que la media de humedad del banano fresco y el banano deshidratado por la levadura son estadísticamente diferentes.

6.4.2 Extracto etéreo

Luego de la técnica de humedad, se procedió con la determinación de extracto etéreo. La poca fracción lipídica presente en el banano se unió al hexano gracias a su acción lipofílica. Por medio de la volatilización del solvente, esta se condensó y descendió sobre la muestra, con el fin de extraer la grasa presente (Matissek *et al*, 1992)

En los bananos frescos se encontró un contenido de grasa de 0,5 g en 100 g (gráfica 4), similar a los datos reportados por la tabla de composición de alimentos del ICBF, 2005, y Aurore *et al* en el 2009 con valores de 0,10 y 0,30 g respectivamente. El contenido de grasa experimental fue mayor debido a que fue dejado por un tiempo mayor en el extractor, esto indujo una reducción de las

partículas de grasa y separación de lípidos de proteínas aun presentes, que permitieron en el momento de actuar el hexano que hubiera mayor efectividad para la cuantificación lipídica (Nielsen, 2009).

En cuanto al banano deshidratado se observó que a diferencia del fresco presentó un contenido de grasa de 1,1 g en 100 g, este dato es mayor que en el banano fresco, lo cual se podría explicar debido a la pérdida de agua ocasionada por la levadura, lo cual produjo la concentración de este nutriente en el fruto. Se encontró que por métodos convencionales el porcentaje de extracto etéreo en los bananos es de 1,0 y 1,8 g (Aurore *et al* en el 2009) en el proceso de deshidratación, estos datos no son diferentes a los hallados en este proyecto, lo que muestra que los frutos deshidratados con la levadura asemejan un índice de grasa con los parámetros encontrados actualmente en el mercado.

Luego de hacer los análisis estadísticos se pudo observar que si existían diferencias significativas entre los datos obtenidos con valores de $P= 0,011$, por lo que se pudo concluir que no existen asociaciones entre el extracto etéreo y los bananos en los dos tratamientos, debido a que la media de extracto etéreo del banano fresco y el banano transformado por la levadura son estadísticamente diferentes.

6.4.3 Fibra cruda

La fibra es un componente presente en los frutos que es difícilmente degradable debido a sus componentes como la lignina, celulosa y hemicelulosa. La fibra bruta se obtiene del residuo de cenizas, donde es necesario usar ácidos y bases para poder degradar la pared celular. Este compuesto no constituye valor absoluto, pero sirve como indicador de la cantidad de compuestos existentes en un alimento que no son aprovechables por el organismo (Matissek *et al*, 1992)

Se observaron valores del porcentaje de fibra cruda de 0,5 g en 100 g de banano fresco, al hacer la comparación con los datos teóricos, estos no se pudieron comparar con la tabla de Composición colombiana del ICBF, 2005 ni con la tabla de Aurore *et al.*, 2009, debido a que en estas no se presenta el contenido de fibra cruda sino dietaria, por lo que se hizo la comparación con los datos reportados por la tabla del centro de atención nutricional de Medellín, 1990 y Reyes 1972 los cuales mostraron valores similares al dato experimental obtenido, con datos de 0,5 y 0,24 g en 100 g de parte comestible. Cardeñosa en 1955 reportó que la fibra es mayor en frutos verdes y menor en frutos maduros, de igual forma que se espera encontrar mayor contenido de fibra en la cáscara que en la pulpa, lo cual explica el bajo contenido de fibra obtenido en el banano fresco.

En el banano deshidratado se obtuvo un valor de fibra cruda de 1,2 g, este valor se pudo presentar debido a la pérdida de agua (Cayon *et al.*, 2000), que produjo una concentración de nutrientes aumentando su valor en igual proporción de lo que sucedió en el caso de los carbohidratos, como se observará más adelante. Este valor de 1,2 g también pudo ser encontrado debido a la regiones fibrosas propias del futo que se conservaron aun luego de la deshidratación. Se encontró que por métodos convencionales como el deshidratado el porcentaje de fibra en los bananos es de 0,63 g

(Reyes, 1972), esto permite suponer entonces que luego de procesos como la deshidratación ya sea por acción de la levadura o por otro método se produce una concentración de nutrientes que hace que los valores de fibra y otros nutrientes sean mayores y con variaciones en sus contenidos dependiendo el procedimiento que se use.

Luego de hacer los análisis estadísticos se pudo observar que existían diferencias significativas entre los datos obtenidos con valores de $P= 0.001$, por lo que se pudo concluir que no existen asociaciones entre la fibra cruda y los bananos en los dos tratamientos, debido a que la media de fibra del banano fresco y el banano transformado por la levadura son estadísticamente diferentes.

6.4.3 Cenizas

Los alimentos cuentan con diversos componentes dentro de los que se encuentran los minerales, algunos esenciales para el organismo, por esto es necesario conocer las cantidades que contienen los frutos del banano (gráfica 4). En el proceso de incineración se busca eliminar todas las partículas de carbono e impurezas que pueda tener por medio de la combustión que se produce en la mufla (Matissek *et al*, 1992).

El residuo obtenido al final de la calcinación fue de un color grisáceo, este color fue determinante para saber cuándo se debía parar el proceso, debido a que si se pasaba de esa temperatura (500-550°C) se podía producir una descomposición de los carbonatos presentes y volatilización de otras sustancias como el fósforo. Se observó que el banano fresco tenía un alto contenido de minerales con un valor de cenizas de 0.95 g por 100 g probablemente pertenecientes a minerales como el potasio, magnesio y fósforo. Se ha observado que en la pulpa los minerales se presentan en este orden de importancia: Potasio > Fósforo > Magnesio > Calcio > Hierro > Zinc > Cobre > Manganeseo. Durante la maduración del fruto, la concentración de la mayoría de los minerales permanece con ligeras variaciones (Arcila *et al.*, 2002). Al compararse con los datos reportados en la tabla de composición de alimentos del ICBF, 2005 y Aurore *et al.*, 2009 se observaron valores de 0,90 g en 100 g los cuales son parecidos al obtenido del análisis fisicoquímico.

Con el banano deshidratado se obtuvo un valor de 1 g por 100, este valor es similar al porcentaje de cenizas obtenido con el banano fresco y la poca variación que se presentó pudo ser debido a la pérdida de agua. Por métodos convencionales como el deshidratado el porcentaje de cenizas en los bananos es de 1,71g (Aurore *et al.*, 2009), lo cual ratifica la concentración de minerales en el proceso de deshidratación, sin embargo, específicamente para el contenido de minerales como el potasio, se ha encontrado que no existen variaciones significativas luego de someter al banano a algún proceso tecnológico, en comparación con los valores de vitaminas los cuales cambian por la volatilización en altas temperaturas o la hidrólisis de azúcares que pueden ser degradados en otros compuestos (Nguyen y Price, 2007)

Analizando estadísticamente los datos por la prueba T, se demostró que no hay diferencias significativas entre los datos obtenidos, corroborando que el contenido de cenizas es similar en el banano fresco y en el banano que estuvo en contacto con la levadura, lo que indica que el

aumento en el contenido de cenizas no es significativamente influenciado por la aplicación de la levadura.

6.4.3 Proteína bruta

En este proceso se determina la cantidad de nitrógeno orgánico presente en el alimento. Durante este método hay una deshidratación y carbonización de la materia orgánica, la cual es combinada con la oxidación del carbono a dióxido de carbono, finalmente el nitrógeno orgánico se transforma en amoníaco y a sulfato de amonio. Este valor obtenido no es real a no ser que alguna forma se elimine el nitrógeno no proteico en la preparación de la muestra, por lo que se da una apreciación cuantitativa de la proteína presente, pero no de la calidad de la misma (Matissek *et al*, 1992)

Se pudo observar un mayor contenido de proteína bruta en el banano deshidratado con un porcentaje promedio de 2,4 g en 100 g en comparación con el promedio obtenido de los bananos frescos 1,1 g en 100 g. En el caso del banano fresco al compararse con los datos reportados por la tabla de composición de alimentos del ICBF, 2005 y Aurore *et al* en el 2009 se pueden observar valores de 3,05 y 1,1g /100 g, el dato experimental del banano fresco es igual al obtenido por Aurore *et al* en el 2009.

En cuanto al contenido de proteína bruta obtenida en los bananos deshidratados (2,4 g en 100 g) probablemente sucedió debido a que al perder agua pudieron concentrar su contenido de nutrientes, aumentándose su valor; esta reportado en investigaciones que se ha observado el aumento de este nutriente en los procesos convencionales con valores de 3,0 y 3,9 g (Aurore *et al.*, 2009) en secado y deshidratado, en estos caso este aumento se produce debido a que las proteínas se ven afectadas por el exocarpo, donde en los procesos de maduración aumentan gracias a la síntesis de enzimas, por ser un fruto climatérico, existe producción enzimática y por ende proteínas (Wills *et al.*, 1984). En esta investigación el contenido de proteína fue mayor en los bananos deshidratados que en los frescos debido a que al estar en contacto con la levadura tienen una mayor influencia por este microorganismo el cual en su fisiología contiene componentes proteicos que aumentan este valor (Buitrago y Escobar, 2008).

6.4.3 Carbohidratos

Durante la maduración los carbohidratos de los frutos de banano principalmente el almidón es degradado rápidamente acumulándose azúcares, principalmente glucosa, fructosa y sacarosa (Marriott *et al.*, 1981; Hubbard *et al.*, 1990). Cuantitativamente, el cambio más importante asociado a la maduración de frutos es la degradación de los carbohidratos poliméricos; estas transformaciones tienen el doble efecto al alterar tanto el gusto como la textura del producto (Wills *et al*, 1984).

Se pudo observar que el contenido de carbohidratos (Gráfica 4) fue menor en los bananos frescos con un valor promedio de 25% en comparación con los que estuvieron en contacto con la levadura con un valor promedio de 69%. Al comparar los datos del banano fresco con la tabla de

composición de alimentos del ICBF, 2005 y Aurore *et al* en el 2009 se pueden observar valores de 20,45 y 21,8 g en 100 g de parte comestible, que son similares a los obtenidos en este proyecto. En los bananos frescos el promedio de 25% se presentó debido al alto contenido de agua que contenían los frutos los cuales mantuvieron los azúcares ligados en su interior.

Se encontró que por métodos convencionales como el secado y deshidratado el contenido de carbohidratos es de 63 y 82% (Aurore *et al.*, 2009) los cuales al compararse son muy similares con los obtenidos en el banano deshidratado de 69%. En la deshidratación se produce un aumento de glucosa que puede deberse a la degradación del almidón y a la inversión de la sacarosa; y el incremento de fructosa también puede provenir de la inversión de la sacarosa; es por esto que la cantidad de almidón y sacarosa disminuyen durante el proceso, pero el contenido de glucosa aumenta. Lo anterior puede explicarse porque posiblemente durante la deshidratación se activan algunas enzimas (alfa-amilasa, beta-amilasa e invertasa), las cuales son responsables del cambio en carbohidratos (Reyes, 1972). Para el caso de los bananos deshidratados con la levadura, se ha observado que este microorganismo utiliza azúcares reductores provenientes de la degradación del almidón en la maduración, los cuales usa como fuente de carbono, para las necesidades de crecimiento y reproducción. Una vez se produce la muerte de la levadura esta queda dentro del fruto, por lo que no se ve afectado el contenido de carbohidratos. En la deshidratación biológica se produjo una concentración de los azúcares al presentarse una pérdida de agua, similar a lo que sucedió en el caso de la grasa, proteína y la fibra, así como lo que sucede por los métodos convencionales en (Aurore *et al.*, 2009).

En general, los bananos son utilizados en dietas donde son requeridos por su facilidad de digestibilidad, el bajo contenido de grasas, y el contenido de minerales y vitaminas (Aurore *et al.*, 2009).

Se pudo observar que al poner el banano en inmersión con la levadura se producen varios beneficios; primero debido al contenido de agua que se pierde por la deshidratación se podría presentar un tiempo de vida útil mayor en comparación con el banano fresco. Esta levadura como se ha mostrado anteriormente ayuda a proteger el fruto al producir metabolitos que no hacen viable el medio en el que se encuentre la levadura, con lo cual podría hacerse más fácil la etapa de cosecha y la comercialización de los frutos (Romero, 2002). De igual forma se observó que en la deshidratación biológica los nutrientes presentes en el fruto aumentan su contenido cuando disminuye la humedad, por lo que para el caso de la grasa, fibra y proteínas el hecho de comercializar este producto presentaría un valor para poder ser incluido dentro de la dieta humana. Este alimento es además conocido por su alto contenido de carbohidratos, los cuales son necesarios para mantener la homeostasis glicémica, además de proporcionar energía (Aurore *et al.*, 2009). Luego de hacer el análisis fisicoquímico del fruto transformado por la levadura y de observarse su contenido de carbohidratos, se debería pensar igualmente en incluirse en la dieta al demostrar tener un contenido similar en comparación al fruto fresco.

7.1 Determinación de la porción

Se halló el promedio de las muestras para así poder establecer el valor nutricional de este alimento en 100 g (tabla 7 y tabla 8).

Tabla 9. Valor nutricional del banano común fresco (Dato experimental) en 100 g

| Alimento | Energía (Kcal) | Humedad g | Proteína g | Grasa T | Carbohidratos g | Fibra cruda g | Cenizas g |
|----------------------|----------------|-----------|------------|---------|-----------------|---------------|-----------|
| Banano común (pulpa) | 108,3 | 72,1 | 1,1 | 0,5 | 24,9 | 0,50 | 0,9 |

*Para los contenidos de vitaminas y minerales se ha encontrado que no existen variaciones significativas luego de someter al banano a algún proceso tecnológico (Nguyen y Price, 2007)

Tabla 10. Valor nutricional del banano común transformado por la levadura (Dato experimental) en 100 g

| Alimento | Energía (Kcal) | Humedad g | Proteína g | Grasa T | Carbohidratos g | Fibra cruda g | Cenizas g |
|----------------------|----------------|-----------|------------|---------|-----------------|---------------|-----------|
| Banano común (pulpa) | 291,2 | 26,4 | 2,4 | 1,1 | 68,9 | 1,2 | 1,0 |

Se determinó que el peso de una porción era de 100 g. En cuanto al contenido nutricional se decidió tomar como base la Tabla de Composición de Alimentos del ICBF, 2005 por ser la más completa en cuanto al contenido de todos los nutrientes y por ser la reconocida en el marco nacional. Para hacer el hallazgo de la porción, se tuvo en cuenta el contenido de humedad perdido, el cual fue de aproximadamente 45,7%, además que este alimento es fuente de carbohidratos.

Se hicieron los cálculos pertinentes:

100 g \longrightarrow 69,96 g de carbohidratos banano deshidratado

X \longrightarrow 24,95 g de carbohidratos banano fresco

X= 35,6g de banano deshidratado

Este valor de 36,5 g se aproximó a 40 gramos, lo cual significó que 40 g de un banano deshidratado equivaldrían a 100 gramos de un banano común fresco, este tamaño de porción concuerda con el peso de frutos secos que aparece en el anexo 1 (tabla 2,5) de la resolución 288 del 2008 del Ministerio de Protección Social.

Tabla No 11. Composición bioquímica del banano fresco y deshidratado por porción (100 y 40 g).

| ALIMENTO | FUENTE | CALORÍAS | AGUA g | PROTEÍNA g | GRASA T g | CARBOHIDRATOS g | FIBRA CRUDA g | CENIZAS g |
|--|---|--------------|-------------|---------------|--------------|--------------------|---------------------|--------------|
| Banano común (pulpa) 100 g | Tabla de Composición de Alimentos del ICBF, 2005 | 101 | 74,50 | 3,05 | 0,10 | 20,45 | | 0,90 |
| Banano deshidratado (pulpa) 100 g | Aurore <i>et al</i> , 2009 | 340 | 3 | 3,9 | 1,8 | 82,1 | | 1,71 |
| (DATO EXPERIMENTAL) Banano Fresco (pulpa) 100 g | Valores obtenidos luego de análisis fisicoquímico | 108,3 | 72,1 | 1,1 | 0,5 | 24,9 | 0,5 | 0,9 |
| (DATO EXPERIMENTAL) Banano deshidratado (pulpa) 100 g | Valores obtenidos luego de análisis fisicoquímico | 291,2 | 26,39 | 1,37 | 1,09 | 68,96 | 1,21 | 0,97 |
| Banano Deshidratado porción 40 g | Valores obtenidos luego de análisis fisicoquímico | 103,7 | 9,4 | 0,84 | 0,4 | 24,5 | 0,43 | 0,35 |

Se pudo observar que con 40 gramos de banano deshidratado se obtuvieron 24,5 g de carbohidratos que al compararse con los 100 grs de banano fresco tienen un valor similar (24,9), esto es muy importante debido a que este alimento es conocido por su alto contenido de carbohidratos, así mismo se encontró que el contenido de calorías, grasa y fibra fue muy similar al fruto fresco. Los únicos nutrientes donde se observaron cambios fue en proteína y cenizas, estos valores son menores en el fruto deshidratado que en el fresco, aunque no lo suficiente para evitar recomendarse su consumo.

CONCLUSIONES

- Se pudo observar una deshidratación del fruto del banano común al ponerse en contacto con la levadura *Candida guilliermondii*, obteniéndose una pérdida de peso de 50% al pasar de un valor promedio de peso inicial de 4,05 g a un valor final observado en el día 12 de 2,00 g.
- El grosor de las rodajas de banano disminuyeron conforme pasaban los días teniendo un comportamiento similar a la pérdida de peso con un valor promedio de grosor inicial de 5,00 g a un valor final observado en el día 12 de 3,76 g (23% pérdida de grosor).
- En ningún momento se presentó contaminación en el banano que estuvo en contacto con la levadura, lo cual probablemente se produjo por la disminución del agua por parte de la levadura así como la formación de metabolitos secundarios que hicieron del banano un medio no viable para otro microorganismo.

- Se encontró un menor contenido de humedad en los bananos deshidratados (26,4%) que en los bananos frescos (72,1%), debido a la acción de la levadura *Candida guilliermondii*
- La presencia de la levadura *Candida guilliermondii* en el fruto produjo un aumento en el contenido de grasa, fibra, proteína y carbohidratos, en el análisis fisicoquímico.
- Se encontraron pérdidas de firmeza y cambios de forma y de color en los bananos para los tres tratamientos, el cambio de color fue más notorio en los bananos que estuvieron en inmersión con la levadura debido a la formación de polifenoles que produjeron pardeamiento en la pulpa.
- Se pudo conocer el contenido de nutrientes en el banano deshidratado por la levadura, lo que permitió informar acerca de sus beneficios en aras de poder ser comercializado por ser un producto viable para el consumo humano.

RECOMENDACIONES

- Para mejorar el aspecto en cuanto a color, olor y textura, se sugieren hacer más investigaciones y evaluar el aspecto del fruto deshidratado con posibilidades de poder establecerse una forma adecuada de consumo.
- Se recomienda desarrollar otras deshidrataciones biológicas con este fruto, evaluando cada uno de los días para establecer específicamente en qué momento es más apropiado detener el proceso, para que no produzca tantas variaciones a nivel organoléptico ni fisicoquímico.
- Es importante desarrollar otro proyecto en el que por medio de técnicas más precisas, se haga la evaluación de minerales, específicamente el potasio y hacer una caracterización de los azúcares que quedan luego de la acción de la levadura.

BIBLIOGRAFIA

ARBELAEZ M. F., FORERO D. A. 2010. Estudio Del analisis fisicoquimico y proximal de uchuva(*Physalis peruviana*) deshidratada por acción de la levadura *Candida guilliermondii*. Trabajo de grado de microbiología Agrícola y Veterinario. Pontificia Universidad Javeriana.

ARCILA P., 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. Memorias XV reunión. Realizada en Cartagena de indias Colombia. 27 de octubre al 02 de noviembre del 2002. Medellín (Col): Asociación Bananeros de Colombia AUGURA

AUORE G., PARFAIT B., & FAHRASMANE L. 2009. Bananas, raw materials for making processed food products. Trends in Food Science and Technology, 20: 78–91.

BERNAL DE RAMIREZ I. 1998. Análisis de Alimentos. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Tercera edición. 47, 48, 85p.

BOUDHRIOUA N., GIAMPAOLI P., BONAZZI C., 2003. Changes in aromatic components of banana during ripening and air-drying. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 36: 633–642.

BROCK, T. 1997. Microbiología. Editorial Prentice Hall hispanoamericana. S.A. Sexta edición México D.F. Mexico. 23-28p

BUITRAGO J., ESCOBAR A. 2009. Aplicación de levadura *Candida spp* como una alternativa viable para la retardación en la pudrición del banano (*musa acuminata*). Trabajo de grado de microbiología industrial Pontificia Universidad Javeriana.

CAMERO F., VARGAS E. 2009. Uso de *Candida guilliermondii* como alternativa biológica en la deshidratación de uchuva (*Physalis peruviana*). Trabajo de grado de microbiología industrial. Pontificia Universidad Javeriana.

CARDEÑOSA, B. 1995. El género Musa en Colombia plátanos, bananos y afines. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Palmira. Colombia.

CAYON D., GIRALDO G., ARCILA M., 2000. Postcosecha y agroindustria del plátano en el eje cafetero de Colombia, CORPOICA, Armenia, Quindío.

CENTRO DE ATENCIÓN NUTRICIONAL. Tabla de Composición de Alimentos. 1990. Medellín. Colombia. 29p

DA MOTA, R. V., LAJOLO, F. M., CIACCO, C., & CORDENUNSI, B. R. 2000. Composition and functional properties of banana flour from different varieties. *Stärke* 52: 63-68.

DEMIREL D., TURHAN M., 2003. Air-drying behavior of Dwarf Cavendish and Gros Michel banana slices. *Journal of Food Engineering* 59: 1–11

EL GHAOUTH, A., WILSON, C.L., AND WISNIEWSKI, M.1998. ultraestructural and cytochemical aspects of the biological control of *Botrytis cinerea* by *Candida saitoana* in apple fruit. *Phytopathology* 88: 282-291

ESPINAL C.F., MARTÍNEZ H., PEÑA Y. 2005. La cadena de banano en Colombia una mirada global de su estructura y dinámica. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agrocadenas Colombia. 1- 51

FAO (2005). Production data for banana and plantains: 2004-2005. Available at: <http://faostat.fao.org/>. Consultada el 20 de octubre de 2010.

FERNANDES F., RODRÍGUES S., 2007. Ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: Dehydration of banana. *Journal of Food Engineering* 82: 261–267.

FERNANDES F., RODRÍGUES S., GASPARETO O., OLIVEIRA E., 2007. Optimization of osmotic dehydration of bananas followed by air-drying. *Journal of Food Engineering* 77 (2006) 188–193

HUBBARD, N.L.; PHARR, D.M.; HUBER, S.C. 1990. Role of sucrose phosphate syntase in sucrose biosynthesis in ripening bananas and its relationship to the respiratory climacteric. *Plant Physiology* 94: 201-208.

ICBF, 2005. Tabla de Composición de Alimentos. Alimento: Banano común (*Musa sapientum*)

KONEMAN A, 1997. Diagnostico microbiológico texto, atlas y color. Tercera edición Buenos Aires. Argentina 59p.

LINDSEY K & JONES M. G. 1992. Biotecnología vegetal agrícola. Ed. Acribia S.A. Zaragoza. España. 78p.

MARRIOTT, J., ROBINSON, M., KARIKARY, S.K. 1981. Transformación del almidón y el azúcar durante la maduración de plátanos y bananos. *Journal of Food and Agriculture*. 32: 1021-1026 p.

MATISSEK R., SCHNEPEL F., STEINER G. 1992. Analisis de los Alimentos. Fundamentos, metodos, aplicaciones. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.

MERCALI G., MARCZAK L. A., TESSARO I. C., NOREÑA C. 2010. Evaluation of water, sucrose and NaCl effective diffusivities during osmotic dehydration of banana (*Musa sapientum*, L.). *Food Science and Technology* 44: 82-91

NIELSEN, S. 2009. Analisis de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.

NGUYEN M., PRICE W. E. 2007. Air-drying of banana: Influence of experimental parameters, slab thickness, banana maturity and harvesting season. *Journal of Food Engineering* 79: 200–207

OVALLE, T. RUEDA S., 1999. Manejo postcosecha del banano criollo (*Musa spp* grupo AAA) serie de paquetes de capacitación sobre manejo postcosecha de frutas y hortalizas numero 2. Edición magnitud Ltda. Pereira. Segunda edición, 298.

RESOLUCIÓN 288 DEL 2008, título II, capítulo I (definiciones. porción), Artículo 3. Ministerio de Protección Social. Bogotá. Colombia.

RESOLUCIÓN 288 DEL 2008, anexo 1 (tabla 2,5). Ministerio de Protección Social. Bogotá. Colombia.

REYES C., GUZMÁN R., CAMARGO C. CAMARGO. 1972. Estandarización de algunos métodos para análisis de carbohidratos por Cromatografía de Gases y su aplicación al proceso de Deshidratación de Banano". Tesis de Químico. Universidad Nacional. Bogotá.

ROMERO J., 2002. Efecto antagonico de *C. rugosa* sobre microorganismos contaminantes de la uchuva nativa (*Physalis peruviana*). Microbiología industrial. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad Ciencias. Bogotá. 88p

RUBIANO A.M, 2009. Determinación de la velocidad de migración de la levadura *Candida spp* en banano maduro (*musa acuminata*). Trabajo de grado de Microbiología Industrial. Pontificia Universidad Javeriana.

SALVADOR A., SANZ T., FISZMAN S.M. 2007. Changes in colour and texture and their relationship with eating quality during storage of two different dessert bananas. *Postharvest Biology and Technology* 43: 319–325

SIERRA, L. 1993. Post cosecha y agroindustria del plátano en el eje cafetero de Colombia. 145p

UREÑA M., ENCINA C. 2007. Determinación de la máxima retención de ácido ascórbico de la conserva de agua y manto en almíbar aplicando el método tagushi. Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad nacional Agraria. Lima Perú.

WILLS, R.; LEE, T.; MC GLASSON, B.; GRAHAM, D. 1984. Fisiología y Manipulación de Frutas y Hortalizas Post-Recolección. Zaragoza, España. *Acribia*. p.1 8-22, 43-46, 81-83.