

**EVALUACIÓN SENSORIAL Y QUÍMICA DE VARIEDADES DE BATATA
[*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] DE PUERTO RICO**

Por

Rosa Liliam Quispe Tello

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

En

CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
Recinto Universitario de Mayagüez
Facultad de Ciencias Agrícolas
2015

Aprobada por:

María de L. Plaza Delestre, Ph.D
Presidente del Comité Graduado

Fecha

Fernando Pérez Muñoz, Ph.D
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Carlos E. Ortiz Malavé, Ph.D
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Elide Valencia Chin, Ph.D
Representante de Estudios Graduados

Fecha

Aixa Rivera Serrano, M.S.
Coordinadora del Programa CITA

Fecha

Derechos de Autor Reservados ©
Rosa L. Quispe Tello
2015

ABSTRACT

Sweetness in the sweet potato is an important attribute for its quality and market acceptability. Difference in sweetness among varieties is due to the content of different sugars. Information on this attribute to set selection standards in breeding programs is low. For this reason, this study performed chemical and sensory evaluation of eight varieties of sweet potato grown in Puerto Rico. Varieties studied were: *Beauregard*, *Nemagold*, *Pujols*, *Craneal*, *Carlos Hernández*, *Camuy*, *Ivoire* and *Dune*.

Sensory evaluations were conducted based on the sweetness attribute of the sweet potatoes. Through a Rating Test, a trained panel (nine panelists) selected the five sweetest varieties. In this test, *Nemagold* was the variety with the highest intensity of sweetness. A second sensory evaluation was conducted with untrained panelists (80). Through a Ranking Test, the highest preferred varieties based on sweetness were determined. *Beauregard* and *Nemagold* were most preferred.

Characterization of roots was conducted through a proximal analysis on dry weight basis. *Beauregard* had the highest moisture content (75.62%). *Nemagold* was characterized among the varieties by presenting the highest ash content (3.43%), crude fat (0.75%), fiber (4.22%) and crude protein (3.87%). *Dune* had the highest carbohydrate content (94.52%), however no significant difference was found with *Ivoire* and *Craneal* varieties, with a 95% of confidence by using Fisher test. For the analysis of sugars, the sweet potatoes were subjected to two treatments (raw and cooked). Sucrose was the main sugar in raw samples, while maltose was the most concentrated after cooking. *Beauregard* and *Nemagold* in raw and cooked state had higher concentrations of glucose and fructose. The sugar content varied among varieties and type of treatment.

RESUMEN

La dulzura en la batata es un atributo importante para su calidad y aceptabilidad en el mercado. La diferencia de dulzura en las variedades, se debe al contenido de diferentes azúcares. La información que se tiene de este atributo para establecer estándares de selección en los programas de mejoramiento es poca. Debido a ello, en este estudio se hizo una evaluación sensorial y química de las variedades de batata que se cultivan en Puerto Rico. Las variedades estudiadas fueron: *Beauregard*, *Nemagold*, *Pujols*, *Craneal*, *Carlos Hernández*, *Camuy*, *Ivoire* y *Dune*.

Se llevaron a cabo evaluaciones sensoriales basados en el atributo de dulzura de las batatas. Mediante una prueba de Valoración, realizada por un panel adiestrado (nueve panelistas), se determinaron y seleccionaron las cinco variedades más dulces. En esta prueba, la variedad *Nemagold*, fue la batata con mayor intensidad de dulzura. La segunda evaluación sensorial, se realizó con panelistas no adiestrados (80). Mediante una prueba de Ordenamiento se determinaron las variedades con mayor preferencia en base a su dulzura. Las variedades *Nemagold* y *Beauregard* fueron las batatas de mayor preferencia.

Se realizó la caracterización de las raíces mediante un análisis proximal en base a peso seco. La variedad *Beauregard* presentó el mayor contenido de humedad (75.62%). *Nemagold* se caracterizó entre las variedades por presentar el mayor contenido de ceniza (3.43%), grasa cruda (0.75%), fibra (4.22%) y proteína bruta (3.87%). La variedad *Dune*, presentó el mayor contenido de carbohidratos (94.52%), sin embargo, no se encontró diferencia significativa con las variedades *Ivoire* y *Craneal*, a un nivel de confianza del 95%, mediante el uso de la Prueba Fisher. Para el análisis de azúcares, las batatas se sometieron a dos tratamientos (crudo y cocido). Sacarosa fue el azúcar principal en muestras de batata cruda; mientras que en estado cocido fue la maltosa. Las variedades *Beauregard* y *Nemagold*, en estado crudo y cocido tienen concentraciones mayores de glucosa y fructosa. El contenido de azúcares varía con la variedad y el tipo de tratamiento.

A Dios por estar siempre conmigo y permitirme llegar hasta aquí
A mis padres y hermanos por su amor y apoyo incondicional a lo largo de mi vida
A mis amigos y profesores por los consejos y colaboración

AGRADECIMIENTOS

Quiero a agradecer primeramente a Dios, por ser mi fuerza, mi guía, mi esperanza, por encaminar mis pasos y darme la fortaleza necesaria.

Agradezco a mis padres Gustavo Quispe y Edith Tello, y a mis hermanos Jhaneth y Diego, porque sin ellos no sería la persona que hoy soy, gracias por sus consejos, apoyo y amor.

A mi directora de tesis, la doctora María Plaza; gracias por asesoría y amistad. Sus consejos y apoyo me han ayudado a llegar hasta aquí.

Al doctor Carlos Ortiz por su apoyo, conocimiento y consejos que han sido fundamentales en el desarrollo de esta investigación.

Al doctor Fernando Pérez por su apoyo y orientación en el desarrollo de esta investigación.

A la profesora Aixa Rivera por su consejo y apoyo durante este tiempo.

A las profesoras Ivelisse Padilla y Verónica Sánchez por su apoyo y darme la oportunidad de trabajar en el Departamento de Química.

Al Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos por proveer las facilidades para el desarrollo de la investigación.

A mis amigos del Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos y de Puerto Rico, por su gran amistad y apoyo.

Tabla de contenido

| | | |
|----------|---|----|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. | Justificación | 1 |
| 1.2. | Objetivos | 3 |
| 2 | REVISIÓN LITERARIA | 4 |
| 2.1. | Origen de la batata | 4 |
| 2.2. | Importancia | 4 |
| 2.3. | Cultivo | 6 |
| 2.4. | Composición química de la raíz tuberosa | 7 |
| 2.5. | Clasificación | 9 |
| 2.6. | Análisis de azúcares en la batata..... | 10 |
| 2.7. | Análisis sensorial | 13 |
| 3 | MATERIALES Y MÉTODOS | 18 |
| 3.1. | Obtención y manejo de la materia prima | 18 |
| 3.2. | Análisis sensorial de la dulzura de las batatas | 18 |
| 3.2.1. | Adiestramiento del panel sensorial | 19 |
| 3.2.1.1. | Prueba de diferenciación (Triángulo)..... | 19 |
| 3.2.1.2. | Prueba de intensidad..... | 20 |
| 3.2.2. | Evaluación sensorial de las muestras de batata | 21 |
| 3.2.2.1. | Prueba de valoración (“Rating”) | 21 |
| 3.2.2.2. | Prueba de ordenamiento (“Ranking”) | 23 |
| 3.3. | Análisis proximal de las diferentes variedades de batata..... | 24 |
| 3.3.1. | Determinación de humedad..... | 24 |
| 3.3.2. | Determinación de cenizas..... | 25 |
| 3.3.3. | Determinación de proteína bruta | 25 |
| 3.3.4. | Determinación de grasa | 26 |
| 3.3.5. | Determinación de carbohidratos totales | 27 |

| | | |
|----------|---|----|
| 3.3.6. | Determinación de fibra cruda..... | 27 |
| 3.4. | Determinación de azúcares | 28 |
| 3.4.1. | Preparación y almacenaje de la harina de batata..... | 28 |
| 3.4.2. | Extracción de los azúcares de la harina de batata | 29 |
| 3.4.2.1. | Preparación de solventes y estándares de azúcares | 29 |
| 3.4.2.2. | Extracción de azúcares en etanol-agua..... | 31 |
| 3.4.3. | Análisis de azúcares | 32 |
| 3.4.3.1. | Preparación del equipo de HPLC | 32 |
| 3.4.3.2. | Determinación de azúcares de la harina de batata usando el equipo de HPLC | 33 |
| 3.4.3.3. | Determinación de la dulzura relativa | 34 |
| 3.5. | Determinación de sólidos insolubles en alcohol (AIS)..... | 34 |
| 3.6. | Análisis estadístico | 34 |
| 4 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 35 |
| 4.1. | Análisis sensorial | 35 |
| 4.1.1. | Adiestramiento del panel sensorial | 35 |
| 4.1.1.1. | Prueba de diferenciación (Triángulo)..... | 35 |
| 4.1.1.2. | Prueba de intensidad..... | 36 |
| 4.1.2. | Evaluación sensorial de las muestras de batata..... | 39 |
| 4.1.2.1. | Prueba de valoración (“Rating”) | 39 |
| 4.1.2.2. | Prueba de ordenamiento (“Ranking”) | 40 |
| 4.2. | Análisis proximal de las variedades de batata | 41 |
| 4.3. | Análisis de azúcares | 44 |
| 4.4. | Sólidos insolubles en alcohol..... | 50 |
| 4.5. | Relación del análisis sensorial con el análisis de azúcares | 51 |
| 5 | CONCLUSIONES | 52 |
| 6 | RECOMENDACIONES | 53 |
| 7 | BIBLIOGRAFÍA..... | 54 |
| 8 | APÉNDICE | 62 |
| 8.1. | Flujograma general | 62 |
| 8.2. | Análisis sensorial | 63 |

| | |
|--|----|
| 8.2.1. Hojas del experimentador..... | 63 |
| 8.2.2. Hojas del panelista | 67 |
| 8.2.3. Carta del comité para la protección de seres humanos..... | 71 |
| 8.3. Resultados estadísticos | 72 |
| 8.3.1. Prueba de valoración | 72 |
| 8.3.2. Prueba de ordenamiento | 72 |
| 8.4. Curvas de calibración de azúcares (Método HPLC)..... | 74 |
| 8.5. Ejemplos de cromatogramas | 76 |
| 8.6. Límites de detección y cuantificación de los azúcares | 79 |

LISTA DE TABLAS

| | | |
|------------|---|----|
| Tabla 3. 1 | Condiciones de uso de las columnas cromatográficas utilizadas en el análisis de azúcares de la batata. | 33 |
| Tabla 4. 1 | Resultados de la prueba triángulo a diferentes concentraciones de soluciones de sacarosa..... | 36 |
| Tabla 4. 2 | Respuestas correctas de los panelistas en las pruebas triángulo..... | 36 |
| Tabla 4. 3 | Evaluación de la dulzura de ocho variedades de batatas..... | 39 |
| Tabla 4. 4 | Evaluación de la dulzura de cinco variedades de batata..... | 40 |
| Tabla 4. 5 | Comparación de la composición nutricional de las ocho variedades de batata.. | 43 |
| Tabla 4. 6 | Contenido de sólidos insolubles en alcohol en muestras de batata cruda y cocida. | 51 |
| Tabla 4. 7 | Resultados del análisis sensorial y de la concentración de glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa y equivalentes de sacarosa (ES) en muestras de batata cocida. | 51 |
| Tabla 4. 8 | Correlación del análisis sensorial con el análisis de azúcares en muestras de batata cocida. | 52 |
| Tabla 8. 1 | Límite de detección y cuantificación para glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa | 79 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 3. 1 | Presentación de las muestras al panelista para la prueba triángulo..... | 19 |
| Figura 3. 2 | Presentación de las muestras al panelista para la prueba de valoración. | 23 |
| Figura 3. 3 | Presentación de las muestras al panelista para la prueba de ordenamiento. | 24 |
| Figura 3. 4 | Raíz de batata liofilizada, pulverizada, tamizada y empacada..... | 29 |
| Figura 3. 5 | Proceso de extracción de los azúcares de la batata | 31 |
| Figura 3. 6 | Equipo de cromatografía líquida de alta resolución..... | 32 |
| Figura 4. 1 | Desempeño de los panelistas a diferentes soluciones estándar de sacarosa (2%, 3%, 4% y 6%)..... | 37 |
| Figura 4.2 | Desempeño de los panelistas a diferentes soluciones estándar de sacarosa (2%, 4%, 5% y 6%)..... | 38 |
| Figura 4.3 | Comparación del contenido de glucosa en batatas crudas y cocidas. | 45 |
| Figura 4.4 | Comparación del contenido de fructosa en batatas crudas y cocidas..... | 46 |
| Figura 4.5 | Comparación del contenido de sacarosa en batatas crudas y cocidas..... | 47 |
| Figura 4.6 | Comparación del contenido de maltosa en batatas crudas y cocidas. | 48 |
| Figura 4.7 | Comparación de los equivalentes de sacarosa en batatas crudas y cocidas. | 49 |

1 INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación

La batata [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] es un cultivo importante debido a que es considerado como uno de los siete principales alimentos básicos en el mundo; le preceden el trigo, el arroz, el maíz, la papa, la cebada y la yuca. (FAO, 2011; Truong et al., 2011). Su adaptabilidad al medio y su ciclo corto de producción, hacen que este cultivo sea atractivo. En Puerto Rico la batata es comercializada como un producto fresco y su consumo es mayormente hervida, asada, frita o es usada como ingrediente para postres; donde el sabor y el contenido de almidón son atributos para su calidad. En Puerto Rico, las variedades de batata que más se cultivan y se consumen son las de tipo tropical. Las variedades tipo tropical varían en el color de la pulpa de la raíz (blanco, crema o amarillo claro) (Hernández-Carrión et al., 2010).

La batata ocupa varios roles en los diversos sistemas alimentarios a través del mundo. Es importante como cultivo comercial para el consumo familiar, la alimentación del ganado y la industria (Truong et al., 2011). Es un alimento que se reconoce como eficaz en la lucha contra la desnutrición debido a sus características nutritivas. Es utilizada para la producción de una variedad de productos, como alimentos procesados, alimentos de preparación rápida, aperitivos, harinas multiusos, bebidas alcohólicas y no alcohólicas.

La batata es uno de los productos de mayor valor nutritivo, debido a su contenido de carbohidratos, minerales y vitaminas A, B, C y E. Siendo la batata de color anaranjado más nutritiva, debido a su contenido de β -carotenos. Además es una raíz con un alto contenido de energía debido a los carbohidratos que contiene, siendo a la vez estos fácilmente digeribles (Campaña, 2012; Colato et al., 2011).

La intervención de los seres humanos en la domesticación y en las selecciones artificiales, así como también la aparición de híbridos naturales, han dado como resultado la existencia de un número grande de variedades de batata. Estas difieren unas

de otras en el color de la cáscara de la raíz (crema, café, amarillo, rojo o morado), en el color de la pulpa (blanco, crema o amarillo claro, anaranjado y morado), en el tamaño de la raíz o de las hojas, en el enraizamiento y en la textura (Truong et al., 2011). Estas variedades pueden ser seleccionadas, para así satisfacer las necesidades de un uso en particular o para un grupo de consumidores.

La calidad organoléptica de la batata depende de su contenido de azúcares y de los compuestos volátiles (Dumas et al., 2012). La dulzura de la batata es uno de los aspectos clave del sabor y de su aceptabilidad en el mercado (Lewthwaite et al., 1997). En Puerto Rico, la dulzura es un parámetro importante para la calidad de la batata. Esta dulzura depende del contenido de azúcares, entre los cuales se incluyen glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa (Dumas et al., 2012; Kays et al., 2005). Sin embargo, la dulzura no sólo depende de la concentración de los azúcares, sino también de los diferentes niveles de dulzura de estos (Lewthwaite et al., 1997).

Debido a la escasa información que existe sobre la concentración de los azúcares y su dulzura relativa (equivalentes de sacarosa) en las batatas de tipo tropical, es que se necesita establecer cuantitativamente el contenido de éstos. Sin embargo, para poder definir planes de mejoramiento con fines de satisfacer las exigencias del mercado, el análisis químico del contenido de azúcares no es suficiente, pues éste proporciona poca información sobre la experiencia real del sabor. Pero, por medio del análisis sensorial, los atributos sensoriales y las preferencias del consumidor pueden ser relacionados con los componentes químicos en el alimento.

Sobre las bases de lo anterior, el propósito de este estudio de tesis fue determinar mediante análisis sensoriales y químicos, qué variedades de batata de las que se consumen en Puerto Rico son las más dulces debido a su contenido de azúcares. Con el resultado de esta investigación se podrá realizar un plan de selección de batatas basado en la dulzura. El cual facilitará la selección de las variedades más dulces, con miras a satisfacer las necesidades de los consumidores locales, productores comerciales e industrias procesadoras de alimentos.

1.2. Objetivos

El objetivo principal de este estudio es:

- Caracterizar el contenido de azúcares de cinco variedades de batata, seleccionadas en base a dulzura para su posterior comercialización.

Objetivos Específicos:

- Realizar análisis sensorial para determinar la intensidad de dulzura de las ocho variedades de batata, utilizando panel sensorial adiestrado.
- Evaluar la preferencia de cinco variedades de batatas seleccionadas en base a su dulzura, utilizando panel sensorial.
- Realizar un análisis proximal a ocho variedades de batata.
- Determinar el contenido de azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa) de las cinco variedades de batata seleccionadas.

2 REVISIÓN LITERARIA

2.1. Origen de la batata

La batata es una planta que se cultiva en gran parte del mundo por su raíz tuberosa comestible, esta crece en regiones tropicales y subtropicales (Truong et al., 2011). A pesar de que la batata se cultiva en casi todos los países cálidos desde los tiempos más antiguos, no se sabe con certeza su verdadero lugar de origen. De acuerdo a evidencia histórica y arqueológica, se establece que la batata es oriunda del Nuevo Mundo, desde donde se propagó a los países del Viejo Mundo después del descubrimiento. Llamada también camote y boniato; es originaria de las áreas tropicales de Centroamérica, en la región comprendida entre el sur de México, Guatemala, Honduras hasta Costa Rica y las Antillas, y en Sudamérica en las zonas calientes de los Andes y Brasil; con mayor diversidad en Perú y Ecuador (Hernández, 1995). La batata fue un cultivo importante de las culturas Inca y Maya en Sudamérica y Centro América (Welbaum, 2015).

Algunos investigadores creen que la batata llegó a Puerto Rico del Brasil, traída por los indios que operaban a lo largo de la ruta Venezuela-Trinidad. En cambio, otros opinan que la batata era parte de la flora autóctona de Puerto Rico. Lo cierto es que cuando Colón desembarcó en la Isla, ya los indios usaban la batata como alimento complementario en su dieta. Comúnmente llamada aje por los indios de Borinquén, boniato por los de Cuba, cumara por los incas y camote en México, la batata fue parte integral de la alimentación cotidiana de los pueblos aborígenes de América Tropical (Moscoso, 1955).

2.2. Importancia

El desarrollo del cultivo de la batata ofrece ventajas económicas para muchos países, debido a que ocupa un rol importante en la alimentación humana, además constituye una excelente alternativa para la alimentación animal y los agronegocios, así como en la industria de procesamiento de alimentos.

De acuerdo a los datos de la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) esta raíz es cultivada a nivel mundial en 115 países, ocupando el tercer lugar después de la papa y la yuca en la producción de raíces y tubérculos. Alrededor del 93% de la producción mundial se da en Asia y las Islas del Pacífico, mientras que el 5.5% y el 1.5% son producidos en África y América latina, respectivamente (Leksrisompong et al., 2012). China representa el 80% de la producción mundial en comparación a Japón y los Estados Unidos, en donde la producción es pequeña (0.8% y 0.6%, respectivamente), (Truong et al., 2011). En América del Sur y el Caribe, los países productores más importantes son Brasil, Perú y Cuba.

La batata es el catorceavo cultivo de mayor producción agrícola a nivel mundial, aproximadamente 108,004,174 toneladas se producen al año. El área de mayor siembra se encuentra en el continente asiático, siendo China el mayor productor mundial con 77,595,579 toneladas al año (FAOstat, 2012). En el 2009, Estados Unidos fue el principal exportador de batata con 39,022 toneladas, mientras que Canadá fue el principal importador en América (UNCTAD, 2012). En Estados Unidos la batata se consume de diferentes maneras, desde platos principales hasta postres (Welbaum, 2015).

En Puerto Rico la batata se considera un cultivo menor, debido a que es cultivada principalmente por agricultores de escasos recursos de capital. Muchos agricultores dependen parcial o totalmente de los ingresos que generan a través de las ventas de estos productos (CRIDAG, 2012). De acuerdo al Censo de Agricultura realizado en 2012, en el 2007 había 438 fincas dedicadas a la producción de este cultivo y para el 2012 se dio una reducción a 103 fincas.

Como se mencionó anteriormente, la batata es utilizada para la producción de una variedad de productos (Colato et al., 2011). El cultivo de la batata presenta una buena alternativa de diversificación alimenticia para los pequeños productores, debido a que tiene pocos enemigos naturales lo que implica que usa pocos pesticidas, crece en suelos con pocos fertilizantes, es de fácil adaptación y además es de bajo costo de producción (Colato et al., 2011; FAO, 2012). Debido a la variedad de esta especie, en los últimos años se han estado realizando investigaciones que han ido demostrando que se puede obtener más de 100 productos industriales a partir de la batata (UNCTAD, 2012).

En Puerto Rico la batata es consumida hervida, asada, frita sin condimentación alguna o es utilizada como ingrediente principal para la preparación de dulces. El consumo se da en viandas con bacalao, carne, pollo o jamón. También se hacen dulces y postres como el flan de batata y las barritas de dulces típicos (Hernández-Carrión et al., 2011).

La batata es un alimento con un potencial fuerte, que contribuye a mejorar la calidad nutricional de nuestra dieta. Con el creciente interés del público por consumir productos sanos y saludables, la batata aparece como un producto atractivo que debe ser redescubierto por el consumidor, puesto que reúne características excepcionales. Recientemente nutricionistas del “Center for Science in the Public Interest” (CSPI) de los Estados Unidos, colocó a la batata desde el punto de vista nutricional, como el número uno de todos los vegetales (CSPI asigna puntos por el contenido de fibra dietética, contenido de azúcares naturales y carbohidratos complejos, proteínas, vitaminas A y C, hierro y calcio y quita puntos por el contenido de grasa, sodio, azúcares refinadas y cafeína), (Laurie et al., 2013). La batata de pulpa de color anaranjado es de mayor interés debido a que es fuente de carotenos. Estos son importantes para la salud humana por su capacidad de estimular al sistema inmune y para mantener la visión (FAO, 2012; Laurie et al., 2013). La batata es un producto nutritivo, saludable, y teniendo en cuenta las actuales tendencias en los hábitos alimentarios “saludables”, puede convertirse en un producto de mucha mayor participación en la dieta de los puertorriqueños.

2.3. Cultivo

La batata pertenece a la familia *Convolvulaceae*. El género *Ipomoea* es extenso y se subdivide en secciones. La sección *batatas* contiene especies anuales y perennes. Algunas de las perennes son cultivadas como anuales. Es un hexaploide natural ($2n=6x=90$) a diferencia de la mayor parte de los miembros de este género (Welbaum, 2015). La planta puede ser agrupada en tres partes: las hojas, el tallo y la raíz, siendo esta última la parte más útil de la planta. Las raíces pueden medir de 30 a 40 cm de longitud y de 15 a 20 cm de diámetro. La forma de la raíz varía según la variedad, desde esféricas hasta cilíndricas; la superficie puede ser suave y lisa o rugosa, y el color de la cáscara como el de la pulpa también varían (FAO, 2012; Truong et al., 2011).

La especie de *Ipomoea batatas* está conformada por un alto número de variedades que difieren en el valor alimenticio, tamaño, forma, color de las raíces tuberosas, período de maduración, producción y resistencia a plagas y enfermedades. En los últimos años, con el actual desarrollo de la agricultura, ha ido en aumento la producción agrícola de variedades comerciales, ya sea con el empleo de técnicas tradicionales de siembra o con el empleo de técnicas de cultivo de tejidos vegetales (González, 2006). El Centro Internacional de la Papa (CIP) en Lima, Perú, mantiene el mayor banco de genes de batata a nivel mundial, que incluye miles de variedades silvestres, tradicionales y mejoradas (UNCTAD, 2012).

2.4. Composición química de la raíz tuberosa

La batata tiene un alto valor nutricional y una versatilidad sensorial en términos de sabor, textura y color (blanco, crema o amarillo claro, anaranjado y morado). El color de la pulpa se relaciona con su contenido de almidón, azúcares, fibra dietaria, minerales, vitaminas, β -carotenos, antocianinas y otros compuestos (Truong et al., 2011; Zhu y Wang, 2014).

La batata presenta un alto contenido de humedad. El promedio del contenido de materia seca es bajo, aproximadamente un 30%, el cual varía dependiendo del tipo de variedad, clima, tipo de suelo, la incidencia de plagas y enfermedades y de las prácticas de cultivo. Se estima que el 80 a 90% de la materia seca de la batata está constituida de carbohidratos. El cual consiste principalmente de azúcares y almidón, con poca cantidad de pectina, celulosa y hemicelulosa. Considerados como fibra, la pectina, celulosa y hemicelulosa juegan un rol importante en el valor nutricional de la batata. En adición, la pectina juega un rol importante en los atributos de textura de la batata (Lebot, 2009). Debido a su relativa abundancia, los carbohidratos incrementan el valor calórico, siendo el almidón la mayor fuente (Colato et al., 2011).

El almidón es un componente importante de la materia seca de la batata. La formación de este ocurre en los tejidos de las plantas en forma de gránulos, los cuales se caracterizan por su tamaño y forma (Colato et al., 2011; Dumas et al., 2012; Nakatani et al., 1991). En la batata el almidón constituye entre un 60 a 70% de la materia seca. Esta

proporción de almidón puede variar en relación a otros carbohidratos. En la industria de alimentos, el almidón es importante debido a que es usado como ingrediente en la preparación de panes, pasteles, tortas, jugos, helados, fideos y bebidas alcohólicas (Lebot, 2009; Zhu y Wang, 2014).

La variabilidad de azúcares en la batata es notable, va de 5.6 % en muestras tomadas de cultivos de Filipina a un 38.3% en muestras de Louisiana en base a peso seco, y entre un 6.3% a 23.6% en cultivos que crecen en Puerto Rico (Lebot, 2009). El azúcar que se encuentra en mayor concentración en muestras de batata cruda es sacarosa, luego le siguen glucosa y fructosa; maltosa se ha encontrado en muy bajas concentraciones en algunas variedades y en otras se encuentra ausente. La concentración de maltosa se incrementa durante la cocción debido a la hidrólisis del almidón, el cual también produce otros polisacáridos como las dextrinas (Dumas et al., 2012; Hernández et al., 2010; Lewthwaite et al., 1997).

Las cenizas contienen una variedad de minerales y traza de elementos, el contenido de cenizas en la cáscara es mucho mayor que en la pulpa de la raíz. Las cenizas se encuentran aproximadamente entre un 3-4% de peso seco y entre el 1% de peso fresco (Lebot, 2009). En general el potasio es el elemento que se encuentra en mayor concentración en la raíz de la batata, luego le siguen el fósforo, calcio, azufre, magnesio, sodio y también se encuentra presente el hierro pero en bajas concentraciones (Laurie et al., 2012; Suda et al., 2003).

Respecto a las vitaminas, la batata se destaca por la presencia de provitamina A (β -caroteno), cantidades moderadas de tiamina (B1), riboflavina (B2), ácido pantoténico (B5), niacina (B6), vitamina C, vitamina E y ácido fólico (Suda et al., 2003). El contenido de lípidos es bajo y nutricionalmente insignificante, sus ácidos grasos principales son linoleico, oleico y palmitoleico. El contenido promedio de proteína que se encuentra en la batata es de 5% aproximadamente en base a peso seco o 1.5% en base a peso fresco (Lebot, 2009). El contenido de aminoácidos es balanceado con un mayor porcentaje de lisina (FAO, 2012).

Los pigmentos como los carotenoides y las antiocianinas son los responsables del color crema o amarillo claro, anaranjado y morado de la pulpa de la batata. En la batata de color anaranjado los β -carotenos son los pigmentos que le brindan ese color naranja debido a que se encuentran en mayor cantidad. Este contenido de carotenoides puede variar dependiendo de los lugares donde son cultivados y de las variedades (Van Oirschot et al., 2003). La intensidad de color es una función de la concentración de β -carotenos. Este atributo resulta ser muy atractivo en el alimento. En la batata los β -carotenos juegan un rol importante para combatir la deficiencia de vitamina A en el mundo (Leksrisonpong et al., 2012; Takahata, 1995; Truong et al., 2011). En cambio en las batatas de color morado se encuentran las antocianinas en un mayor contenido. También se encuentran los polifenoles que tienen una actividad antioxidante, encontrándose a un nivel competitivo con otros alimentos conocidos por ser una buena fuente de antioxidantes. Algunos estudios clínicos indican que el consumo de la batata de color morado puede tener beneficios potenciales para la salud (Suda et al., 2003; Teow et al., 2007; Truong et al., 2011).

2.5. Clasificación

Se puede encontrar una gran variedad de batatas alrededor de la Isla de Puerto Rico (Rodríguez-Bonilla et al., 2014). Las variedades se seleccionan por su valor alimenticio, sabor, cantidad de pulpa o por resistencia a plagas y enfermedades. Las batatas que se cultivan en Puerto Rico podrían clasificarse según su color interior: blanco, crema o amarillo claro y anaranjado (Moscoso, 1955). Existen variedades con distintas gradaciones de color. El de tipo blanco tiene aceptación en el mercado local por su alto contenido de almidón. El de tipo crema-amarillo resulta intermedio entre el blanco y el anaranjado. El de tipo anaranjado o batata mameya, como generalmente se conoce, se encuentra en el mercado de exportación. Su alto contenido de provitamina A la hace recomendable en el mercado local.

Las variedades tradicionales de tipo tropical que se cultivan y consumen en Puerto Rico son *Miguela*, *Mina* y *Dominicana*. Siendo esta última, una variedad local que dominaba en los mercados de la Isla para los años noventa. Existen otras variedades como *Viola*, que es considerada como moderadamente dulce comparada con otras variedades (Hernández et al.,

2010). La preferencia de los consumidores estadounidenses por las variedades de batata varía. Se da una mayor preferencia por las batatas de pulpa color anaranjado, debido a que estas son más dulces y húmedas en comparación a las de pulpa color crema, consideradas menos dulces y más secas (Laurie et al., 2013).

2.6. Análisis de azúcares en la batata

La dulzura de la batata depende de la composición de los azúcares que se encuentran en la raíz (glucosa, sacarosa, fructosa), y de la formación de maltosa durante la cocción. La concentración de estos azúcares es diferente en cada variedad (Kays et al., 2005; Laurie et al., 2013). Investigaciones realizadas sobre el estudio de azúcares en batatas crudas, indican la presencia de glucosa, fructosa y sacarosa, siendo esta última el azúcar principal, independientemente de la variedad (Hernández-Carrión et al., 2010). De acuerdo a Takahata (1995) y Hernández-Carrión et al. (2010), no se detecta la presencia de maltosa en muestras de batata cruda, pero cuando las batatas se someten a cocción, sí se da la presencia de este azúcar, debido a la hidrólisis del almidón.

La raíz de la batata, está constituida de 60 a 70% de almidón y de 5.8 a 14.9% de azúcares. Aproximadamente, de 42 a 95% del almidón en la batata, se transforma durante la cocción (Hernández-Carrión, 2001). El aumento en azúcar en batatas cocidas, se debe a la hidrólisis termal del almidón por medio de la acción enzimática (Wang y Kays, 2003). Esta hidrólisis enzimática es un producto combinado de las enzimas α -amilasa y β -amilasa (Kays et al., 2005; Truong et al., 1997). En la hidrólisis del almidón, la α -amilasa produce dextrinas y la β -amilasa produce maltosa. Se dan diferencias en la conversión de almidón en las variedades de batata, debido a que existen varios niveles de dichas enzimas (Lewthwaite et al., 1997).

Diversos métodos se han desarrollado para determinar azúcares; aunque actualmente los métodos cromatográficos son los más usados. Los métodos físicos, químicos y bioquímicos (enzimáticos) todavía desempeñan un papel en el análisis de los carbohidratos. La Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC), refiere una amplia gama de métodos aplicables a una variedad de alimentos. Los métodos físicos como la

refractometría son de uso limitado para mezclas de monosacáridos y disacáridos, debido a que carece de especificidad. Sin embargo los métodos químicos y biológicos pueden proporcionar un análisis más específico, ya sea por medición directa o indirecta (Folkes y Jordan, 2006).

Métodos químicos basados en la reducción de azúcares son los métodos más comunes para la detección de azúcares como la glucosa y la fructosa. En el caso de la sacarosa, ésta puede ser determinada indirectamente. Sin embargo, estos métodos no distinguen entre los azúcares reductores (fructosa, glucosa y maltosa) (Folkes y Jordan, 2006; Karkacier et al., 2003). Por medio de los métodos enzimáticos se puede determinar los azúcares individualmente, basado en una propiedad específica del azúcar y mediante el uso de una enzima específica. La detección de los productos de la reacción se miden por espectrofotometría (Folkes y Jordan, 2006). Mientras que los métodos enzimáticos han sido seleccionados para algunos carbohidratos, los métodos cromatográficos son los más usados.

Para el análisis de azúcares en frutas y vegetales se han aplicado diversas técnicas como la cromatografía de gases (GC) y la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) (Brummer y Cui, 2005). Estos métodos ofrecen una gran especificidad y la capacidad de detectar varios azúcares al mismo tiempo. La cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), es la técnica más utilizada debido a que puede separar una diversidad de solutos en corto tiempo, tiene un alto poder de separación, una excelente selectividad y sensibilidad (Corradini et al., 2012; Skoog et al., 2001). HPLC es idónea para la separación de especies no volátiles o termolábiles (Meyer, 2004). Mediante esta técnica no hay que modificar la muestra de carbohidratos para su análisis (Brummer y Cui, 2005; Karkacier et al., 2003). Agrupa las mejores cualidades para el análisis cualitativo y cuantitativo de los azúcares (Folkes y Jordan, 2006; López et al., 1998). Este es el método más citado en la literatura para la detección de azúcares en la batata (Dumas et al., 2012; Hernández-Carrión et al., 2010; Lai et al., 2013; Lewthwaite et al., 1997).

La cromatografía es un método de análisis químico que separa los componentes de una mezcla mediante su contacto con dos fases: una fase estacionaria y una fase móvil (Nielsen, 2010). En cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), la fase móvil es un líquido que fluye a través de la columna que contiene a la fase estacionaria. Los

componentes de la muestra avanzan diferencialmente dependiendo de las interacciones con la fase estacionaria a medida que pasan por la columna (Meyer, 2004). El grado de retención de los componentes de la muestra depende de la naturaleza del compuesto y de la composición de la fase estacionaria y la fase móvil (Folkes y Jordan, 2006; Harris, 2009).

Después de la separación de los componentes en la columna, se necesita identificar cada señal producto de esta separación por medio de un detector. El detector comúnmente utilizado en los análisis cromatográficos de azúcares, es el índice de refracción (IR) (Karkacier et al., 2003). El detector de índice de refracción es considerado como detector universal, porque utiliza una propiedad exclusiva de las moléculas (Folkes y Jordan, 2006). Consta de una celda dividida, donde se mide la diferencia en la desviación de un haz de luz que pasa a través de la fase móvil y la fase móvil con el azúcar separado (Nollet y Toldrá, 2013). Luego esta medida puede ser cuantificada y expresada como una respuesta electrónica.

Los componentes de la muestra son representados en una gráfica en función del tiempo, llamado cromatograma, el cual consta de una serie de picos. La forma de cada pico muestra la distribución del componente asociado a dicho pico. Estos picos brindan una información cuantitativa y cualitativa de los componentes de la muestra. La cantidad y composición de los componentes se obtienen mediante la información cuantitativa, donde se compara el área del pico de un componente con el de un estándar. Y mediante la información cualitativa se puede identificar los distintos componentes de la muestra, donde se da la comparación de la posición de los picos (tiempos determinados de retención) con cromatogramas estándares (Nielsen, 2010).

Para el análisis de azúcares en la batata por HPLC utilizando el detector de índice de refracción (IR), las muestras tienen que ser preparadas. Los azúcares se extraen en solventes donde estos sean solubles; solventes tales como etanol (80%) y agua (20%). La extracción con etanol se recomienda para aumentar el largo de vida útil del extracto durante el almacenaje, debido a que la extracción de los azúcares solamente con agua, promueve la descomposición de la muestra a causa de microorganismos (Hernández-Carrión, 2001; Nollet y Toldrá, 2013). Seguidamente se realiza una filtración para reducir las impurezas y

evitar interferencias al momento de ser analizado (Brummer y Cui, 2005; Folkes y Jordan, 2006).

El mecanismo principal en la separación de azúcares por HPLC, se basa en la diferencia en polaridad debido al número y orientación de los grupos hidroxilos (OH^-) en la molécula (Hernández-Carrión, 2001). Para los análisis de azúcares, una columna comúnmente utilizada es la “amino bonden silica” que utiliza como fase móvil una solución de acetonitrilo-agua. Esta columna separa los monosacáridos de los disacáridos, permite separar bien la sacarosa y maltosa, pero pierde resolución al separar la glucosa y fructosa (Folkes y Jordan, 2006). Para complementar el análisis, la columna “Sugar-Pak I” (columna de estirenovinilbenceno con iones de calcio) es usada, debido a que permite separar con mayor resolución la glucosa y fructosa. Esta columna usa como fase móvil una solución de CaEDTA (sal monohidratada de calcio disodio del ácido etilendiaminotetraacético) (Hernández-Carrión et al., 2010).

En un estudio realizado para validar la separación de estándares de azúcares, utilizando una columna aminopropil-silica, encontraron tiempos de retención para fructosa de 5.0 minutos, glucosa de 5.8 minutos, sacarosa de 8.2 minutos y maltosa de 9.8 minutos (Cserhádi y Forgács, 1999). En cambio en el estudio que realizaron Hernández-Carrión et al., (2003), utilizaron dos columnas para validar la separación de estándares de azúcares, en una disolución de etanol al 80%. Los tiempos de retención encontrados con la columna Sugar-Pak I, fueron: glucosa de 9.9 minutos y fructosa de 11.6 minutos, y con la columna Supelcosil LC-NH₂: sacarosa de 5.9 minutos y maltosa de 6.9 minutos.

2.7. Análisis sensorial

Normalmente, el consumidor tiene gustos muy definidos y asocia determinadas características a la calidad o satisfacción que produce un alimento. En la apreciación de un alimento, los sentidos tienen una importancia distinta a la que reciben en otros aspectos de la vida. Los sentidos como el olfato y el gusto suelen ser determinantes en una valoración subjetiva del alimento, mientras que los sentidos como la vista, el oído y el tacto, juegan un papel secundario.

Degustar un alimento es un acto en el cual no sólo los órganos sensoriales interactúan, sino en el que también se emiten juicios. El sabor, color, olor y textura son característicos de los alimentos, y se pueden describir mejor mediante una prueba de análisis sensorial. El análisis sensorial es una ciencia multidisciplinaria, en donde se utilizan los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios y de muchos otros materiales (Watts et al., 1992). La evaluación sensorial resulta un factor esencial en cualquier estudio sobre alimentos. No existe ningún otro instrumento que pueda reproducir o reemplazar la respuesta humana. El análisis sensorial hasta el día de hoy es un método aún irremplazable por la tecnología y es muy valorado por las empresas para posicionar sus productos en el mercado cuando se enfoca en el consumidor.

La información sobre los gustos y aversiones, preferencias y requisitos de aceptabilidad, se obtiene empleando métodos de análisis adaptados a las necesidades del consumidor, estas evaluaciones sensoriales se llevan a cabo con panelistas no adiestrados (Watts et al., 1992). La información sobre las características sensoriales específicas de un alimento requiere de pruebas orientadas al producto. La identificación y medición de las propiedades sensoriales es factor esencial para el desarrollo de nuevos productos alimenticios, reformulación de productos ya existentes, identificación de cambios causados por los métodos de procesamiento, almacenamiento y uso de nuevos ingredientes, así como para el mantenimiento de normas de control de calidad. Este tipo de información cuantitativa orientada al producto, se obtiene llevando a cabo evaluaciones sensoriales en el laboratorio con paneles adiestrados (Lawless y Heymann, 2010; Watts et al., 1992).

Los métodos de evaluación sensorial comprenden un conjunto de técnicas de medición que tienen una trayectoria establecida, utilizadas en la industria y en la investigación académica (Lawless y Heymann, 2010). Las pruebas sensoriales y los métodos de análisis a realizarse en un estudio se establecen de acuerdo al objetivo principal del mismo. El análisis sensorial incluye distintas etapas, como son la definición del problema, la preparación y ejecución de las pruebas sensoriales, la recopilación de datos y la interpretación de los resultados (Meilgaard et al., 2007). Este análisis comprende un conjunto de métodos con directrices y técnicas establecidas para la presentación del

producto, la evaluación de las pruebas sensoriales, los análisis estadísticos y la interpretación de resultados (Lawless y Heymann, 2010). La realización de las evaluaciones sensoriales implica la utilización de grupos de personas. Del tamaño, características y funcionamiento de estos grupos depende en gran parte la validez y utilidad de los resultados que se obtienen (Damasio y Costell, 1991).

Las pruebas sensoriales producirán resultados confiables solamente si se ejerce un control experimental adecuado en todas las etapas de su proceso. Toda prueba que incluya paneles sensoriales debe llevarse a cabo en condiciones controladas, utilizando diseños experimentales, métodos de prueba y análisis estadísticos apropiados (Stone y Sidel, 1993; Watts et al., 1992). Antes de iniciar la prueba, se debe prestar mucha atención a la planificación y estandarización de todos los procedimientos. Asimismo, se debe prestar atención a las técnicas empleadas en la toma de muestras de alimentos, en la preparación y presentación de éstas al panel. Las pruebas utilizadas comúnmente en los laboratorios de alimentos incluyen las de diferencia, de ordenamiento por intensidad, de puntajes por intensidad y las de análisis descriptivo (Meilgaard et al., 2007). En estas pruebas se emplean paneles adiestrados que funcionan como instrumentos de medición.

Los paneles adiestrados se utilizan para identificar diferencias entre productos alimenticios similares o para medir la intensidad de características tales como el sabor (olor y gusto), textura o apariencia. Por lo general, estos paneles constan de panelistas seleccionados por su agudeza sensorial. Estos son especialmente adiestrados para la tarea que se realizará. Los panelistas después de recibir el adiestramiento, deben ser capaces de discriminar diferentes grados de una característica sensorial específica. Para determinar su capacidad de discriminación, se emplean pruebas, entre ellas se tienen las pruebas triangulares de degustación, en lo que respecta a una característica de sabor o textura. Las personas que no tengan la sensibilidad a diferencias en intensidad de sabor y textura, podrán ser identificadas en este proceso. Mediante el uso de esta prueba se podrá seleccionar a los panelistas para que puedan integrar el panel adiestrado (Watts et al., 1992).

El adiestramiento debe diseñarse para ayudar a los panelistas a formular juicios válidos y confiables que sean independientes de sus preferencias. En adición los panelistas

deben estar acostumbrados a los rangos de intensidad de las características que encontrarán durante el estudio (Stone y Sidel, 1993). El adiestramiento de los panelistas tiene como objetivos: a) familiarizar a los panelistas con la metodología sensorial específica; b) incrementar la habilidad individual para reconocer, identificar y cuantificar los atributos sensoriales y c) mejorar la sensibilidad y la memoria frente a los atributos para conseguir juicios precisos y consistentes (Costell, 1981). Las repuestas de los panelistas se pueden medir por diferentes métodos, entre los más comunes se tiene (Meilgaard et al., 2007):

a) clasificación, los elementos evaluados se agrupan por categorías de manera nominal.

b) graduación, método usado en el comercio y en el cual se da la agrupación de los productos en base a la calidad o atributos de acuerdo a una tradición.

c) ordenamiento (ranking), medición donde se requiere que los panelistas ordenen las muestras en base a un atributo específico por medio de datos ordinales.

d) escalas (scaling), método donde se utilizan números o palabras para expresar la intensidad de un atributo. Los panelistas evalúan la muestra partiendo de una escala de números (frecuentemente de 0 a 10) para la cual ellos han sido adiestrados a usar. Este método provee información sobre la diferencia de las muestras y se realiza haciendo uso de escalas de línea, de categoría o de estimación de magnitud.

La percepción de sabor se puede determinar mediante evaluación sensorial por paneles de degustación. La única manera de medir la dulzura de una sustancia es probándola. Cuando una sustancia se coloca en la boca, las papilas gustativas perciben los sabores y envían una señal al cerebro. Luego el cerebro la interpreta y organiza, para que finalmente la respuesta sea formulada en base a las percepciones del sujeto (Meilgaard et al., 2007; Stone y Sidel, 1993).

Conocer las preferencias por un determinado alimento, es de gran importancia para los agricultores y las industrias comercializadoras de alimentos, debido a que no sólo permite desarrollar mejores plantas de cultivo, sino que también permite el desarrollo de productos nuevos. Es por ello que el análisis sensorial se convierte en una herramienta útil

para conocer estas preferencias y atributos de importancia para los consumidores. Los programas de selección hoy en día no sólo están buscando desarrollar variedades con mejores características de producción, sino que también buscan variedades que tengan características sensoriales aceptables.

La dulzura es uno de los aspectos más difíciles de evaluar en los programas de selección, debido a que en estas evaluaciones se requiere de un gran número de panelistas y el proceso de evaluación requiere de tiempo dependiendo de la cantidad de muestras a analizar (Wang y Kays, 2003). Es por ello que este aspecto es dejado como último paso en los programas de selección. Sin embargo este tipo de evaluaciones debe ser considerado importante.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Obtención y manejo de la materia prima

Las batatas fueron provistas por la Estación Experimental de Gurabo, (región centro oriental de Puerto Rico), entre los meses de agosto y diciembre del 2014. Para este estudio se utilizaron ocho variedades: *Nemagold*, *Beauregard*, *Carlos Hernández*, *Craneal*, *Pujols*, *Camuy*, *Ivoire* y *Dune*. La variedad *Nemagold*, es una batata de pulpa color anaranjado. *Beauregard* también tiene la pulpa de color anaranjado y es considerada como una de las variedades más comerciales en Estados Unidos (Leksrisompong et al., 2012). Las variedades *Craneal* y *Carlos Hernández*, son clones locales de Puerto Rico bien reconocidos y son de pulpa color blanco. *Pujols* y *Camuy*, también se caracterizan por tener la pulpa blanca (Ortiz et al., 2011, 2012). *Ivoire* es una variedad de pulpa color blanco y es descrita como no dulce (Martin, 1987a). La variedad *Dune*, también es descrita como no dulce y es de pulpa blanca, se caracteriza por tener raíces largas (Martin, 1987b).

Para este estudio se realizaron dos siembras. La primera siembra se realizó el 14 de enero y se cosechó el 23 de julio. La segunda siembra se realizó el 23 de julio y se cosechó el 22 de diciembre del 2014. El suelo donde se realizaron ambas siembras fue de la serie Toa (Fluvaquentic Haplodolls). El tamaño de las parcelas fue de 1.52 m de ancho por 5.18 m de largo, en un área total de 7.90 metros cuadrados para ambas siembras. Las batatas fueron seleccionadas al azar y transportadas al Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos del Recinto Universitario de Mayagüez. Las batatas se recolectaron y lavaron para remover la tierra o suciedad presente, luego se les removió la cáscara y se las congeló para su almacenamiento. Las variedades se separaron en dos grupos para realizar los análisis sensoriales y químicos correspondientes.

3.2. Análisis sensorial de la dulzura de las batatas

El análisis sensorial se llevó a cabo por cada variedad (*Beauregard*, *Nemagold*, *Carlos Hernández*, *Craneal*, *Pujols*, *Camuy*, *Ivoire* y *Dune*). La evaluación de dulzura se realizó mediante dos pruebas: Valoración y Ordenamiento. Para la prueba de Valoración se

trabajó con panelistas adiestrados, y para la prueba de Ordenamiento se trabajó con panelistas no adiestrados.

3.2.1. Adiestramiento del panel sensorial

Para realizar la Prueba de valoración, trece panelistas del Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos del Recinto Universitario de Mayagüez, fueron seleccionados y adiestrados para la evaluación sensorial de las diferentes variedades de batata, en base al atributo de dulzura. Estos panelistas estuvieron expuestos a sesiones de adiestramiento de una hora cada semana, por el periodo de dos meses, en orden de desarrollar habilidades discriminativas y detectar diferencias. Se realizaron pruebas de adiestramiento en base a este atributo, así como también se realizaron pruebas para evaluar el adiestramiento dado a los panelistas. Las pruebas que se realizaron fueron las siguientes:

3.2.1.1. Prueba de diferenciación (Triángulo) (Meilgaard et al., 2007)

En esta prueba se utilizaron soluciones de sacarosa a diferentes concentraciones. Se trabajó con diferentes combinaciones (2% y 5%; 3% y 5%; 2% y 3% ; 4% y 5%; 5% y 6%). En cada sesión se sirvieron a cada panelista 10 mililitros de cada combinación de las soluciones de sacarosa. Se le presentaron tres muestras de las cuales dos eran iguales y una diferente, el panelista las evaluó e indicó cual muestra era la diferente (ver Figura 3.1). A las muestras se las codificó con números aleatorios de tres dígitos. Además, se establecieron combinaciones completas y balanceadas para dar igual oportunidad de ser observadas (ver Apéndices 8.2.1 y 8.2.2).

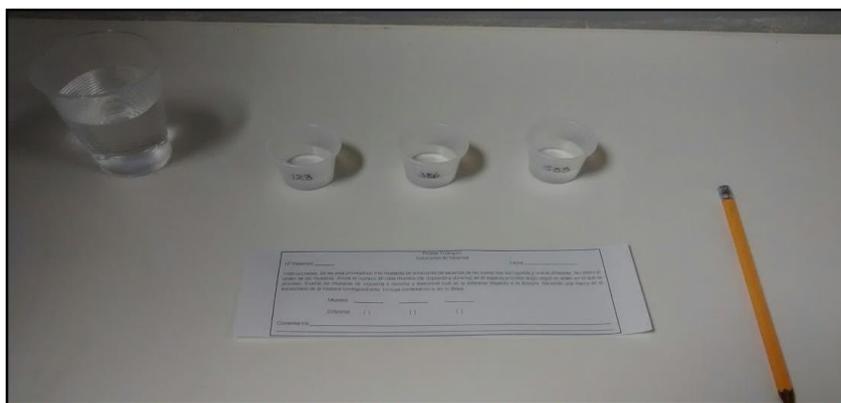


Figura 3. 1 Presentación de las muestras al panelista para la prueba triángulo.

3.2.1.2. Prueba de intensidad

Para determinar los cambios de intensidad en base al atributo de dulzura, se utilizó el Método Spectrum. Este método se basa en el uso de soluciones que representan determinados puntos en la escala de medición. De acuerdo a la metodología (Meilgaard et al., 2007), la escala inicial cubre desde 0 hasta 15, utilizando soluciones de sacarosa a concentraciones de 2%, 5%, 10% y 16%. A esta escala de evaluación se le hizo una modificación, debido a que las muestras de batata no presentan una intensidad de dulzura tan alta.

Inicialmente se realizaron pruebas preliminares con esta escala, y en las observaciones dadas por los panelistas, se encontró que las últimas concentraciones de sacarosa eran muy dulces. En adición se realizó una prueba sensorial con muestras de batatas por panelistas no adiestrados. El puntaje que le dieron a las muestras tenía una intensidad de dulzura alrededor de 4, al ser comparado con la dulzura de las soluciones de sacarosa. Resultados reportados por otros investigadores, muestran que el puntaje de la evaluación en muestras de batata es menor o igual que 6 (Ellong et al., 2014; Leksrisonpong et al., 2012; Ridley et al., 2005).

Después de las pruebas realizadas y por revisión bibliográfica, se utilizó una escala de 0 a 6. Para ello se trabajó con soluciones de sacarosa a diferentes concentraciones (2%, 3%, 4%, 5% y 6%). Previo a la evaluación de este método, se realizaron tres sesiones de adiestramiento, para que el panelista percibiera la intensidad de dulzura de cada solución. En cada sesión, cada panelista recibió un grupo de las soluciones de sacarosa, cada una de ellas codificadas con la concentración correspondiente. En estas sesiones también los panelistas recibieron las instrucciones de la forma de evaluación del método.

Posterior al adiestramiento se realizaron las evaluaciones. Se trabajó con dos tipos de combinaciones. En la primera combinación se trabajó con un grupo de soluciones de sacarosa al 2%, 3%, 4%, y 6%. Para la segunda combinación se trabajó con las soluciones de sacarosa al 2%, 4%, 5% y 6%. Cada grupo de combinaciones se llevó a cabo por triplicado en sesiones diferentes para cada panelista. Para cada combinación se sirvieron 10 mililitros de cada solución de sacarosa a cada panelista. Las muestras fueron rotuladas con

números de tres dígitos, siguiendo un modelo aleatorio y completamente balanceado (ver Apéndice 8.2.1). En esta prueba cada panelista evaluó las muestras e indicó la magnitud de intensidad de dulzura de cada una haciendo uso de la escala lineal de 0 a 6 cm, en la cual “0” representa “nada dulce” y “6” representa “muy dulce” (ver Apéndice 8.2.2).

Realizadas las evaluaciones de este método, se analizaron los resultados para seleccionar a los panelistas que realizarían la evaluación sensorial de las muestra de batata. Para seleccionarlos, se tomó en consideración dos aspectos: la exactitud y precisión de sus resultados con respecto a la intensidad de dulzura correcta de cada solución estándar (Meilgaard et al., 2007).

3.2.2. Evaluación sensorial de las muestras de batata

Las evaluaciones sensoriales de las variedades de batata, tomaron lugar en el laboratorio de Análisis Sensorial del edificio Alfredo Ramírez de Arellano y Rosell del Recinto Universitario de Mayagüez.

3.2.2.1. Prueba de valoración (“Rating”)

La primera evaluación sensorial se realizó utilizando una prueba de valoración, con un panel integrado por las nueve personas adiestradas entre hombres y mujeres. Estos evaluaron las diferentes intensidades de dulzura de las ocho variedades de batata para seleccionar las cinco variedades más dulces. Esta prueba de valoración se llevó a cabo en seis sesiones diferentes, dos réplicas por día. En cada sesión, cada panelista evaluó cuatro de las ocho variedades acorde a un diseño balanceado de bloque incompleto. Para esta prueba se realizó la siguiente preparación y presentación de muestras:

3.2.2.1.a. Preparación de las muestras

Se realizó un procedimiento estándar en la preparación de las muestras para asegurar la consistencia. Las muestras de cada variedad se cortaron en pedazos, luego fueron envueltas con papel aluminio y llevadas al horno por 20 minutos, a una temperatura de 450 °F para su cocción. Posteriormente las muestras fueron cortadas en pedazos de dos cm (cubos).

3.2.2.1.b. Procedimiento de la prueba

El procedimiento de la prueba se llevó a cabo de la siguiente manera:

- i) Se colocaron cuatro muestras en cada plato, una de cada variedad rotuladas con números aleatorios de tres dígitos. Se establecieron combinaciones completas y balanceadas de las muestras.
- ii) Antes de la evaluación de las muestras, los panelistas recibieron instrucciones sobre el procedimiento de evaluación, tanto en formato verbal como por escrito.
- iii) En esta prueba, cada panelista evaluó las muestras e indicó la magnitud de intensidad de dulzura de cada una haciendo uso de la escala lineal de 0 a 6 cm, en la cual “0” representa “nada dulce” y “6” representa “muy dulce” (ver Apéndice 8.2.2). A cada panelista se le brindó un pedazo de galleta y un vaso de agua para limpiar el paladar entre cada muestra (ver Figura 3.2).

Se tomó en consideración la iluminación del ambiente de prueba. Para este caso se escogió la luz de color rojo, para evitar prejuicios por el color de las muestras. Se consideró también el que no hubiese ruido en el exterior para así no distraer a los panelistas. En la ejecución de la prueba, estos panelistas permanecieron sentados en cabinas de particiones de modo que no tuvieron interacción entre ellos durante la prueba. Los panelistas evaluaron las muestras a un ritmo auto-determinado, sin límite de tiempo, las sesiones duraron aproximadamente entre 5 a 10 minutos. Las evaluaciones se llevaron a cabo entre las 9:00 am a 12:00 m y 3:00 pm a 6:00 pm.

Para determinar los resultados de esta prueba, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) con un 95% de confianza ($\alpha = 0.05$). En adición, se realizó el LSD Fisher para determinar la diferencia entre las variedades.



Figura 3. 2 Presentación de las muestras al panelista para la Prueba de valoración.

3.2.2.2. Prueba de ordenamiento (“Ranking”)

Evaluación sensorial realizada para conocer la preferencia de los consumidores por las muestras de batata. En esta prueba participaron un total de 80 panelistas sin adiestramiento, entre hombres y mujeres (profesores, personal no docente y estudiantes del RUM). Los panelistas evaluaron las cinco variedades de batata más dulces (muestras escogidas previamente por el panel adiestrado). Para esta prueba se realizó la siguiente preparación y presentación de muestras:

3.2.2.2.a. Preparación de las muestras

Se realizó el mismo procedimiento estándar, mencionado en la parte 3.2.2.1.a.

3.2.2.2.b. Procedimiento de la prueba

El procedimiento de la prueba se realizó de la siguiente manera:

- i) Se colocaron las cinco muestras de batata en vasos pequeños, una de cada variedad con codificación de tres dígitos aleatorios. Se establecieron combinaciones completas y balanceadas de las muestras para dar igual oportunidad de ser observadas y se las presentó a cada panelista (ver Apéndice 8.2.1).
- ii) Antes de la evaluación de las muestras, los panelistas recibieron instrucciones sobre el procedimiento de evaluación, tanto en formato verbal como escrito. En

la prueba se le pidió al panelista ordenar las muestras con números del 1 al 5, identificando su orden de preferencia en base al atributo de dulzura, 1 la de mayor preferencia y 5 la de menor preferencia (ver Apéndice 8.2.2). A cada panelista se le brindó un pedazo de galleta y un vaso de agua para limpiar el paladar entre cada muestra (ver Figura 3.3).

Para la ejecución de la prueba se establecieron los mismos controles mencionados en la parte 3.2.2.1.b. La evaluación se llevó a cabo entre las 9:00 am a 12:00 m y 3:00 pm a 6:00 pm. El análisis estadístico utilizado, fue el mismo que se realizó para la prueba de valoración.



Figura 3.3 Presentación de las muestras al panelista para la prueba de ordenamiento.

3.3. Análisis proximal de las diferentes variedades de batata

Para determinar la composición nutricional de la raíz de la batata, se realizó un análisis proximal donde se determinaron los porcentajes de humedad, cenizas, grasa cruda, proteína bruta, carbohidratos totales y fibra cruda en base seca. Los análisis fueron realizados a cada una de las variedades de batata estudiadas.

3.3.1. Determinación de humedad

La humedad se determinó por el método de humedad convencional AOAC 966.02 (1990). Los crisoles se secaron a una temperatura de 100°C por 24 horas en un horno

convencional (National Appliance Company 630). Luego de este periodo se dejaron enfriar en un desecador y se anotaron los pesos. La balanza analítica utilizada fue una Sartorius TE214S. Para determinar la humedad de la muestra el crisol fue tarado en la balanza y se le añadieron 3.0 gramos de muestra. Se colocaron los crisoles con las muestras en el horno a temperatura de 100°C por 24 horas. Al cabo de este tiempo se sacaron los crisoles del horno, se dejaron enfriar en el desecador por 20 minutos, y posteriormente se pesaron. Este procedimiento se realizó por triplicado para cada variedad de batata. La fórmula utilizada para calcular el porcentaje de humedad fue la siguiente:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso de muestra húmeda (g)} - \text{Peso de muestra seca (g)}}{\text{Peso de muestra húmeda (g)}} \times 100 \quad (3.1)$$

3.3.2. Determinación de cenizas

Para la determinación de ceniza se siguió el método de la AOAC 923.03 (1990). Se secaron los crisoles con tapa en el horno por 24 horas a temperatura de 100°C. Al cabo de ese periodo se dejaron enfriar en el desecador, se pesaron y anotaron sus pesos. Posteriormente se pesó entre 0.5 a 1.0 gramo de muestra seca en cada crisol y se colocaron en una mufla (Thermolyne Muffle Furnance, Thermo Scientific); la cual se programó con una rampa manual de temperatura hasta alcanzar los 600 °C. La temperatura se mantuvo a 600 °C por un espacio de 12 horas. Transcurrido ese tiempo, los crisoles fueron removidos de la mufla, se dejaron enfriar en un desecador y se pesaron. Este análisis se realizó por triplicado para cada variedad. Se utilizó la siguiente fórmula para la determinación de cenizas en base seca:

$$\% \text{ Cenizas (B.S.)} = \frac{\text{Peso ceniza (g)}}{\text{Peso de muestra seca (g)}} \times 100 \quad (3.2)$$

3.3.3. Determinación de proteína bruta

El método utilizado para la determinación de proteína, fue el de Micro-Kjeldahl 960.52 (AOAC, 1990). Se pesó aproximadamente 0.150 g de muestra seca y se transfirió a un tubo de digestión de 250 mL y se adicionó 7 g del catalizador (Tabletas Wieninger, Merck) a cada tubo. Bajo la cámara extractora de gases se adicionaron a cada tubo 12 mL

de ácido sulfúrico concentrado y 7 mL de peróxido de hidrógeno al 35%. Luego se lo colocó en el bloque de digestión (Heating Digester DK20S, VELP Scientifica), donde permaneció por tres horas en el “nivel 9” del equipo. Completado este tiempo se apagó el bloque digestor y se permitió que el tubo enfriara. Luego se le añadieron 40 mL de agua destilada y 50 mL de NaOH al 40% p/v, y se colocó en el destilador (Automatic Distillation Unit UDK142, VELP Scientifica). En el tubo de salida del destilador se colocó un matraz con 25 mL de la solución de ácido bórico al 4%. La solución indicadora de ácido bórico se tornó verde al finalizar la destilación. Posteriormente la muestra se tituló con HCl 0.20N previamente estandarizado, hasta alcanzar el punto de equivalencia, donde se observó un color gris-lila. Este procedimiento se realizó en triplicado para cada variedad. Las fórmulas para obtener la cantidad de nitrógeno y el porcentaje de proteína en base seca son las siguientes:

$$\% N = \frac{\text{Volumen HCl descargado (mL)} \times \text{Normalidad HCl} \times 14.01}{1000 \times \text{peso muestra seca(g)}} \times 100 \quad (3.3)$$

$$\% \text{ Proteína (B.S.)} = \% \text{ de N} \times \text{Factor de conversión (6.25)} \quad (3.4)$$

3.3.4. Determinación de grasa

El contenido de grasa se determinó utilizando el método de la AOCS Am 5-04 (2005). Para este análisis se pesó y taró un recipiente “bag holder” en una balanza analítica (Sartorius, TE214S). Luego se colocó una bolsa (XT4®) en el “bag holder” y se registró el peso. Seguidamente se añadió 1.0g (± 0.005) de muestra seca a la bolsa y se anotó el peso. Una vez pesadas las muestras, las bolsas se sellaron. Posteriormente se removió la humedad haciendo un pre-secado en el horno a 102°C por tres horas. Terminado el pre-secado, se colocaron las muestras en un desecador, se dejaron enfriar por 30 minutos y se pesaron.

Posteriormente las muestras fueron colocadas en el equipo extractor (ANKOM^{XT10}) y se les adicionaron 350 mL de éter de petróleo. El análisis se realizó a 90°C por 45 minutos. Finalizada la extracción se secaron las muestras en un horno a 102°C por 45 minutos. Después del secado, se enfriaron las muestras a temperatura ambiente en un desecador, se pesaron y registraron los valores. El procedimiento se realizó en triplicado

para cada variedad. La fórmula para determinar el contenido de grasa en base seca es la siguiente:

$$\% \text{ Grasa Cruda (B.S.)} = \frac{(W_2 - W_3)}{W_1} \times 100 \quad (3.5)$$

Donde:

W_1 = peso original de la muestra seca (g)

W_2 = peso de la muestra pre-secada con la bolsa (g)

W_3 = peso de la muestra y la bolsa después de la extracción (g)

3.3.5. Determinación de carbohidratos totales

Para obtener los carbohidratos en base seca, se restaron los valores de los porcentajes de ceniza, grasa y proteína de un 100%.

3.3.6. Determinación de fibra cruda

El método utilizado para la determinación de fibra cruda fue el AOCS Ba 6a-05. Para determinar el contenido de fibra, se pesó y taró un recipiente “bag holder” en una balanza analítica (Sartorius, TE214S). Luego se colocó una bolsa (F57®) en el “bag holder” y se registró su peso. Seguidamente se añadió 1.0g (± 0.005) de muestra seca a la bolsa y se anotó el peso. También se pesó una bolsa vacía (blanco) que se incluyó en la digestión. Una vez pesadas las muestras, las bolsas se sellaron y se procedió a realizar la extracción de grasa. Las bolsas se sumergieron en éter de petróleo, por cinco minutos. Pasado ese tiempo se removió el solvente y se repitió la extracción con nuevo solvente. Luego de este paso las bolsas se dejaron secar al aire.

Después del secado, las bolsas se colocaron en el equipo (ANKOM²⁰⁰⁰) para el análisis. Los parámetros utilizados fueron los siguientes: digestión ácida por 40 minutos, con una solución de ácido sulfúrico 0.255N, seguido de dos lavados de cinco minutos cada uno con agua, y digestión alcalina por 40 minutos con una solución de hidróxido de sodio 0.313N, seguido de tres lavados de cinco minutos cada uno con agua. El análisis se realizó

a una temperatura de 95°C. Finalizado el análisis las bolsas se colocaron en un vaso con acetona por tres minutos y se dejaron secar al aire. Para completar el secado las muestras se llevaron al horno a 102°C por cuatro horas. Después del secado se enfriaron las bolsas a temperatura ambiente en un desecador, se pesaron y se registraron los valores. Seguido a ello se procedió a incinerar las bolsas en crisoles en la mufla por dos horas a 600°C. Pasado ese tiempo se enfriaron los crisoles en un desecador, se pesaron y registraron los valores. El procedimiento se realizó en triplicado para cada variedad. La fórmula para determinar el contenido de fibra es la siguiente:

$$\% \text{ Fibra Cruda (B.S.)} = \frac{(W_3 - (W_1 - C_1))}{W_2} \times 100 \quad (3.6)$$

Donde:

W_1 = peso de la bolsa sola (g)

W_2 = peso de la muestra (g)

W_3 = peso de la materia orgánica (g) post- incineración

C_1 = Promedio del factor de corrección de las cenizas del blanco

3.4. Determinación de azúcares

3.4.1. Preparación y almacenaje de la harina de batata

La determinación de azúcares como glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa se realizó a partir de harina preparada. Para este análisis se trabajó con las cinco variedades de batatas identificadas por el análisis sensorial. Para cada variedad se hizo el análisis de forma cruda y cocida (horneadas). Las batatas escogidas se clasificaron de acuerdo a la variedad y luego se distribuyeron uniformemente para los tratamientos.

El tratamiento crudo consistió en remover la cáscara y cortar en pedazos las raíces. Estos pedazos se colocaron en bolsas de plástico y congelaron. Previo a la liofilización, las muestras de cada variedad se colocaron en un procesador de alimentos, para obtener pedazos pequeños. Luego estas muestras se colocaron a temperatura de ultra congelación

(-80°C) durante 24 horas. Al cabo de ese periodo las muestras fueron removidas del congelador y colocadas en los frascos del liofilizador. Las muestras se liofilizaron por 48 horas, luego se pulverizaron en un mortero y pasaron por un tamiz (malla #20) para obtener el tamaño de partícula deseado. Las harinas obtenidas se empacaron al vacío, utilizando bolsas FoodSaver®, y se almacenaron a -20°C para los análisis correspondientes (ver Figura 3.4).

Para el tratamiento de las muestras cocidas, se utilizaron muestras que estuvieron almacenadas en el congelador. Previo a la congelación, a las muestras se les removió la cáscara y se las cortó en pedazos. Para este tratamiento las muestras se descongelaron, y fueron envueltas con papel aluminio y llevadas al horno por 20 minutos a una temperatura de 450 °F para su cocción. Posterior a ello estas muestras se congelaron a (-80°C) durante 24 horas, para luego ser liofilizadas. El proceso de liofilización, pulverizado, tamizado, empaque y almacenamiento se llevó de la misma manera que las muestras del tratamiento crudo.



Figura 3. 4 Raíz de batata liofilizada, pulverizada, tamizada y empacada.

3.4.2. Extracción de los azúcares de la harina de batata

3.4.2.1. Preparación de solventes y estándares de azúcares

La extracción de azúcares de las muestras, se llevó a cabo utilizando la metodología realizada por Hernández-Carrión et al., 2010, con algunas modificaciones. Se utilizó una mezcla de etanol 80% y agua 20% para la extracción. Para su preparación se utilizó alcohol

etílico (99.8% estéril, HPLC grade, Sigma-Aldrich) y agua grado HPLC. Los análisis de azúcares se realizaron en dos tipos de columnas. La fase móvil utilizada para la columna Waters Sugar-Pak I, fue una solución de CaEDTA, la cual se preparó con 50mg de CaEDTA (sal monohidratada de calcio disodio del ácido etilendiaminotetraacético $C_{10}H_{12}CaN_2Na_2O_8$, Mw: 374.27, Sigma-Aldrich) por litro de agua grado HPLC (Chromasolv®, Sigma-Aldrich). Para la columna Waters High Performance Carbohydrate, se utilizó una mezcla de acetonitrilo grado HPLC (HiPerSolv Chromanorm, BDH, VWR) al 75% y agua grado HPLC al 25%. Todos los solventes utilizados en el análisis, se filtraron al vacío a través de filtro de nylon (tamaño de poro $0.45\mu m$, diámetro disco 47mm), se desgasificaron y se transfirieron a botellas de cristal de color ámbar.

Previo al análisis de las muestras, se prepararon estándares de azúcares de pureza analítica para realizar las curvas de calibración: Glucosa (Dextrosa (D-Glucosa)- $C_6H_{12}O_6$ FW: 180.16, CAS: 50-99-7, Fisher Scientific), Fructosa (D-fructosa, $C_6H_{12}O_6$, FW: 180.16, CAS: 57-48-7, Sigma-Aldrich), Sacarosa (Sacarosa - $C_{12}H_{22}O_{11}$, FW: 342.3, CAS: 57-50-1, Amresco) y Maltosa (D-Maltosa monohidratada - $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$, FW: 360.32, CAS: 6363-53-7, Acros). Para el análisis en la columna Sugar-Pak I, se prepararon estándares de glucosa y fructosa a diferentes concentraciones (5, 10, 20, 40, 60, 80 y 100 ppm). Para cada azúcar se preparó una solución estándar de 1000 ppm, para lo cual se pesó 0.050 g del azúcar en una balanza analítica (Sartorius TE214S). Luego cada una de ellas fue transferida individualmente a matraces volumétricos de 50 mL, el volumen se ajustó utilizando el solvente de la fase móvil (CaEDTA 50ppm). Posteriormente se hicieron las diluciones respectivas para obtener las demás concentraciones. Para la columna High Performance Carbohydrate, se prepararon estándares de sacarosa y maltosa a diferentes concentraciones (3000, 5000, 7000, 9000, 11000, 13000 y 15000 ppm). Para cada azúcar se preparó una solución estándar de 20000 ppm, para lo cual se pesó 1.000 g de cada azúcar en una balanza (Sartorius TE214S). Luego cada una de ellas fue transferida individualmente a matraces volumétricos de 50 mL. El volumen se ajustó utilizando la solución de etanol 80%. Posteriormente se hicieron las diluciones respectivas para obtener las demás concentraciones.

Cada estándar fue filtrado haciendo uso de jeringuillas (Becton Dickinson 3 mL) y filtros de polipropileno con membrana de teflón PTFE (25mm, 0.45 μ m, VWR) y se colocaron en viales para HPLC (2mL, 12 x 32mm, color ámbar, con tapa de PTFE/silicona, Waters). Estos fueron almacenados en el congelador a una temperatura de -20 °C hasta su análisis por HPLC. Los estándares se dejaron equilibrar a temperatura ambiente al menos una hora, previo al análisis por HPLC.

3.4.2.2. Extracción de azúcares en etanol-agua

Para la extracción de azúcares de cada variedad se realizó la extracción por triplicado. Para ello se utilizó una balanza Sartorius TE214S, para pesar 10 g de la harina de batata en vasos de cristal de 250 mL previamente pesados, y se añadieron 100 mL de la solución etanol al 80%. Esta mezcla fue llevada a un baño de agua a 100°C por cinco minutos, con agitación suave. Se dejó reposar por unos minutos y posteriormente se filtró al vacío usando papel filtro Whatman N°4 (55 mm, VWR Scientific). Se lavó el vaso de la muestra con aproximadamente 10 mL de la solución de etanol al 80%. El filtrado fue transferido a matraces volumétricos de vidrio de 100.00 mL; ajustando el volumen con la solución de etanol al 80% (ver Figura 3.5). Cuatro mililitros de la solución fueron refiltrados a través de un filtro de jeringa de polipropileno con membrana de teflón PTFE de 0.45 μ m y luego fueron transferidos a viales de HPLC. Estas muestras fueron colocadas en el congelador a -20 °C hasta su análisis por HPLC.



Figura 3.5 Proceso de extracción de los azúcares de la batata

3.4.3. Análisis de azúcares

3.4.3.1. Preparación del equipo de HPLC

La determinación de azúcares se realizó en un equipo de cromatografía líquida de alta resolución, equipado con un auto muestreador (Agilent 1200, ALS SL), un detector de índice de refracción (Agilent 1260, Infinity), un desgasificador (Agilent 1200, serie G1379B), una bomba (Hewlett Packard 1100, serie G1311A) y un sistema de control de temperatura para la columna (Waters Corporation). El cual consta de un módulo de control de temperatura (Module 11) y un módulo calentador de columna. El “software” utilizado para la adquisición y procesamiento de datos fue Chemstation.



Figura 3. 6 Equipo de cromatografía líquida de alta resolución.

Antes del análisis de las muestras, se acondicionó el equipo para el uso de cada columna. Las botellas de cada solvente se conectaron al sistema de distribución múltiple a través de líneas de teflón. Se drenaron las líneas de los solventes como también la celda de detección. Para equilibrar la columna Sugar-Pak I se pasaron 100 mL de la solución de agua-CaEDTA (500ppm) a flujo inverso de 0.5 mL/min y temperatura de 90°C. Para el uso de la columna High Performance Carbohydrate, se pasaron 100 mL de la fase móvil Acetonitrilo-Agua (75:25) a un flujo 1.4 mL/min a través de todas las líneas y la columna por una hora, a temperatura de 32°C. Luego se procedió al análisis de las muestras.

3.4.3.2. Determinación de azúcares de la harina de batata usando el equipo de HPLC

La extracción de azúcares de las muestras, se realizó en base a la metodología de Hernández-Carrión et al., 2010. Para la determinación de glucosa y fructosa se utilizó la columna de intercambio catiónico Waters Sugar-Pak I. Esta es una columna con una resina de calcio adherida a una base de estirenovinilbenceno. La fase móvil que se usó para este análisis fue una solución de agua-CaEDTA (50ppm) a un flujo de 0.5 mL/min, y temperatura de 90°C. Para la determinación de sacarosa y maltosa se utilizó la columna Waters High Performance Carbohydrate. Esta es una columna del tipo “amino-bonded silica”. La fase móvil utilizada fue una solución de acetonitrilo y agua (75:25) a un flujo de 1.4 ml/min y temperatura de 32°C. Las condiciones de operación de las columnas utilizadas se resumen en la Tabla 3.1.

Tabla 3. 1 Condiciones de uso de las columnas cromatográficas utilizadas en el análisis de azúcares de la batata (Hernández-Carrión et al., 2010).

| Características de las columnas | Columnas | |
|--|----------------------|-------------------------------|
| | Sugar-Pak I | High Performance Carbohydrate |
| Dimensiones | 5µm, 300mm x 6.5 mm | 4µm, 250 mm x 4.6 mm |
| Azúcares analizados | Fructosa, glucosa | Sacarosa, maltosa |
| Fase móvil | Agua-CaEDTA 50ppm | Acetonitrilo: Agua 75:25 |
| Flujo de la fase móvil (mL/min) | 0.5 | 1.4 |
| Temperatura columna (°C) | 90 | 32 |
| Temperatura interna celda detector (°C) | 30 | 30 |
| Volumen de inyección muestra (µL) | 25 | 25 |
| Tiempo de análisis (min/inyección) | 25 | 15 |

La concentración de los azúcares se calculó utilizando las curvas de calibración para cada estándar; el cual relaciona las áreas de cada pico en el cromatograma con cada

concentración de los estándares. El área de cada estándar fue el promedio de seis inyecciones, mientras que el área de la muestra de cada variedad fue el promedio de nueve inyecciones. Estas concentraciones fueron expresadas como porcentaje de peso seco de la harina.

3.4.3.3. Determinación de la dulzura relativa

La dulzura relativa es la capacidad de endulzar de cada azúcar, y esta se mide en equivalentes de sacarosa (ES). Estos equivalentes fueron calculados en orden de comparar el mismo nivel de dulzura de las variedades (Hernández-Carrión et al., 2010). La fórmula para calcular los equivalentes de sacarosa (ES) es la siguiente:

$$ES = 0.74(\% \text{ glucosa}) + 1.73(\% \text{ fructosa}) + 1.0(\% \text{ sacarosa}) + 0.33(\% \text{ maltosa}) \quad (3.7)$$

3.5. Determinación de sólidos insolubles en alcohol (AIS)

Para este análisis se trabajó con la harina obtenida después del proceso de extracción de los azúcares (Sección 3.4.2.2). Esta harina fue secada en un horno convencional a 70°C por 24 horas. Luego fue pesada para determinar los sólidos insolubles en alcohol. Para las batatas, los AIS de las raíces reflejan su contenido de almidón (Walter et al., 1997). Los resultados fueron expresados como porcentaje de harina usada en la extracción.

3.6. Análisis estadístico

Se llevó a cabo análisis de varianza (ANOVA) para los resultados obtenidos del análisis sensorial, proximal, el de azúcares y sólidos insolubles en alcohol, todos a un nivel de confianza del 95% ($\alpha = 0.05$). Se utilizaron valores de media (\bar{X}) y sus desviaciones estándar (S) para determinar la incertidumbre de las medidas. Para determinar la diferencia entre las variedades se realizó una comparación de las medias utilizando la prueba de Fisher. Para determinar la relación entre el análisis sensorial y el análisis de azúcares se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson a un nivel de confianza del 95%. Para el análisis de los datos se utilizó el programa de InfoStat®.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis sensorial

4.1.1. Adiestramiento del panel sensorial

4.1.1.1. Prueba de diferenciación (Triángulo)

Las tablas 4.1 y 4.2 muestran los resultados de las pruebas triángulo que se utilizaron para la selección de los panelistas. Se dio la participación de trece personas (profesores, personal no docente y estudiantes del RUM). A quienes se les realizaron cinco pruebas para que detectaran las diferencias en las distintas soluciones de sacarosa. La dificultad de las pruebas varió en cada sesión. Las dos primeras pruebas realizadas tuvieron un grado de dificultad menor que las últimas tres. En la Tabla 4.1 se muestran las distintas combinaciones de las soluciones de sacarosa y las respuestas obtenidas en cada prueba. Se observó que en las dos primeras pruebas la mayoría de los panelistas a excepción de uno, dieron con la respuesta correcta. A medida que aumentaba el grado de dificultad en las pruebas, el número de repuestas correctas fue menor. Para las pruebas N°4 y 5 sólo siete panelistas acertaron en las respuestas. Sin embargo, para la última prueba donde la concentración de las soluciones fue de 2% y 3%, se observó que todos los panelistas acertaron en la respuesta.

En la Tabla 4.2 se pueden observar los resultados obtenidos de las pruebas triángulo para cada panelista. De acuerdo al grado de dificultad de las pruebas, se seleccionaron a los panelistas. Las dos primeras pruebas se clasificaron como fáciles y las últimas tres como difíciles. Los panelistas que obtuvieron más del 60% de las respuestas correctas en las pruebas fáciles y más del 40% en las pruebas moderadamente difíciles, fueron seleccionados como candidatos para las pruebas de adiestramiento (Meilgaard et al., 2007). Por los resultados obtenidos en las diversas pruebas, el panelista N°7 no participó en la etapa de adiestramiento. Este panelista no tuvo ninguna respuesta correcta en las pruebas fáciles, y en las pruebas difíciles sólo obtuvo una respuesta correcta (menos del 40%).

Tabla 4. 1 Resultados de la Prueba Triángulo a diferentes concentraciones de soluciones de sacarosa.

| Prueba | Soluciones de Sacarosa | Número de Panelistas | Total de respuestas | Respuestas Correctas |
|---------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 2% y 5% | 13 | 13 | 12 |
| 2 | 3% y 5% | 13 | 13 | 12 |
| 3 | 4% y 5% | 13 | 13 | 7 |
| 4 | 5% y 6% | 13 | 13 | 7 |
| 5 | 2% y 3% | 13 | 13 | 13 |

Tabla 4. 2 Respuestas correctas de los panelistas en las Pruebas Triángulo.

| Dificultad de la Prueba Triángulo | | | | | | |
|--|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---|-----------------------------|--------------------------------|
| Panelistas | Fácil ($\geq 60\%$) | | | Difícil ($\geq 40\%$) | | |
| | Total de Respuestas | Respuestas Correctas | (%)Respuestas Correctas | Total de Respuestas | Respuestas Correctas | (%)Respuestas Correctas |
| 1 | 2 | 2 | 100 | 3 | 2 | 66.7 |
| 2 | 2 | 2 | 100 | 3 | 2 | 66.7 |
| 3 | 2 | 2 | 100 | 3 | 2 | 66.7 |
| 4 | 2 | 2 | 100 | 3 | 3 | 100 |
| 5 | 2 | 2 | 100 | 3 | 2 | 66.7 |
| 6 | 2 | 2 | 100 | 3 | 2 | 66.7 |
| 7 | 2 | 0 | 0 | 3 | 1 | 33.3 |
| 8 | 2 | 2 | 100 | 3 | 3 | 100 |
| 9 | 2 | 2 | 100 | 3 | 2 | 66.7 |
| 10 | 2 | 2 | 100 | 3 | 3 | 100 |
| 11 | 2 | 2 | 100 | 3 | 2 | 66.7 |
| 12 | 2 | 2 | 100 | 3 | 2 | 66.7 |
| 13 | 2 | 2 | 100 | 3 | 3 | 100 |

4.1.1.2. Prueba de intensidad

El método Spectrum se utilizó para que cada panelista discrimine los cambios de intensidad de las muestras en base al atributo de dulzura. Mediante este método los panelistas se calibraron haciendo uso de soluciones estándar de sacarosa. Soluciones que sirvieron de referencia para el uso de la escala de evaluación de las muestras de batata. Para este tipo de prueba se trabajó con los panelistas que fueron seleccionados por las pruebas Triángulo. Los resultados de las pruebas realizadas se muestran en la Figura 4.1 y 4.2. Se tomó en consideración dos aspectos para determinar la habilidad de los panelistas en cuanto

a identificar cada solución estándar con su respectiva intensidad de dulzura. Estos aspectos fueron la exactitud y la precisión (Meilgaard et al., 2007). Un buen panelista debe de tener una baja desviación de sus resultados con respecto a la verdadera intensidad de dulzura de las soluciones.

Para esta prueba se trabajó con dos tipos de combinaciones. En la primera combinación se trabajó con un grupo de soluciones estándar de sacarosa al 2, 3, 4, y 6%. Los resultados que se muestran son el promedio de las repeticiones de cada solución (Figura 4.1). Para estos estándares, la mayoría de panelistas tuvo la misma tendencia de asignar el mismo valor en la escala para cada una de las soluciones. Los valores dados por algunos panelistas, para el estándar de 2% se desvían del valor verdadero. Sólo nueve panelistas asignaron el valor correspondiente para este estándar. Para el estándar de 3% los panelistas 1, 9, 11 y 12 presentaron una ligera desviación de su respuesta con respecto al valor correspondiente. Con respecto al estándar de 4% sólo ocho panelistas asignaron el valor correspondiente, y para el estándar de 6% sólo un panelista mostró desviación de su respuesta.

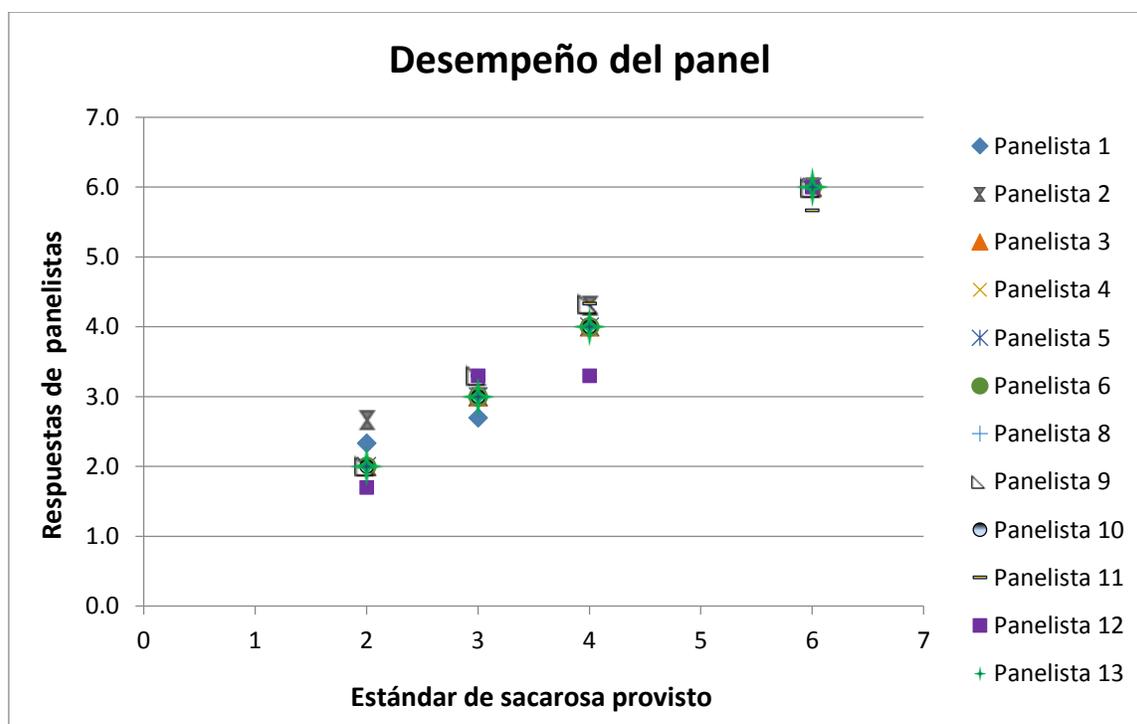


Figura 4. 1 Desempeño de los panelistas a diferentes soluciones estándar de sacarosa (2%, 3%, 4% y 6%)

Después del desempeño obtenido en la primera parte, los resultados indicaron que se necesitaba dar un poco más de adiestramiento a los panelistas. Después de las sesiones de adiestramiento se trabajó con el mismo método de evaluación, pero en esta vez se trabajó con un grupo de soluciones estándar de sacarosa al 2, 4, 5, y 6%, los resultados que se muestran son el promedio de las repeticiones de cada solución (Figura 4.2). Los panelistas 2 y 12 presentaron una ligera desviación de sus respuestas para el estándar de 2%. Cuatro panelistas presentaron una baja desviación de sus repuestas para el estándar de 4%. Para el estándar de 5% los panelistas 3, 9, 11 y 12 presentaron desviaciones de sus respuestas con respecto al valor correspondiente. Se da una ligera desviación de las repuestas por parte de dos panelistas para el estándar de 6%. De los resultados de estas pruebas se observó que el panelista 12 necesitaba un poco más de adiestramiento, debido a sus respuestas. Posterior a esta evaluación se trabajó individualmente con el panelista, hasta comprobar su mejora en el desempeño en las pruebas.

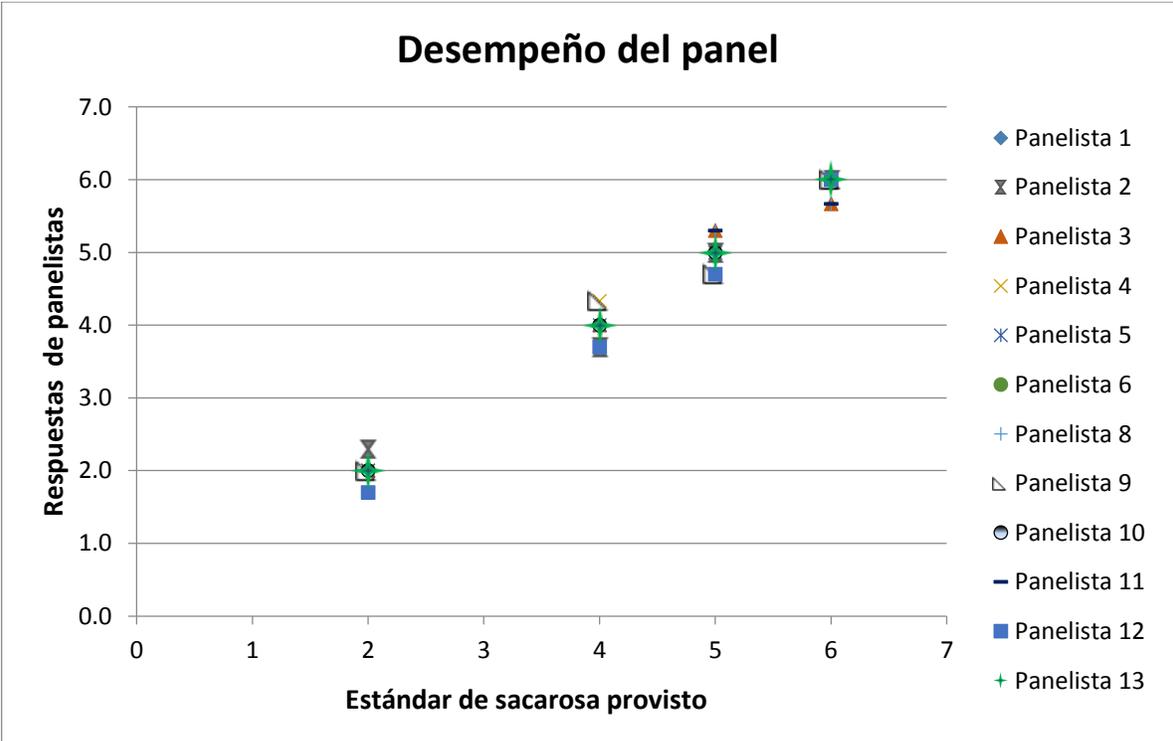


Figura 4. 2 Desempeño de los panelistas a diferentes soluciones estándar de sacarosa (2%, 4%, 5% y 6%)

4.1.2. Evaluación sensorial de las muestras de batata.

4.1.2.1. Prueba de valoración (“Rating”)

Para realizar el análisis de esta prueba se utilizó el análisis de varianza ANOVA con un 95% de confianza. Para determinar diferencias entre las variedades se utilizó la prueba Fisher. Esta prueba de valoración se realizó para determinar la intensidad de dulzura de cada variedad de batata por medio de nueve panelistas adiestrados. Al analizar los resultados de esta prueba, se observó diferencia significativa entre algunas variedades. El análisis estadístico indicó que los panelistas estuvieron calibrados, la diferencia entre panelistas no fue significativa. La interacción de los panelistas con las variedades tampoco fue significativa (ver Apéndice 8.3.1).

Los resultados de la Prueba de Valoración, se presentan en la Tabla 4.3. *Nemagold* fue la variedad que presentó la mayor dulzura. Luego le siguen las variedades *Beauregard*, *Pujols*, *Carlos Hernández* y *Craneal*, en orden decreciente. Sin embargo no se encontró diferencia significativa entre estas cuatro variedades. *Ivoire* fue considerada por el panel como la variedad menos dulce y no se encontró diferencia significativa con la variedad *Dune*. Estas dos últimas variedades se caracterizan por ser no dulces (Martin, 1987a). En la evaluación sensorial realizada por Leksrisompong et al. (2012) en muestras de batata asada, reportaron valores similares a los obtenidos en este estudio en el nivel de dulzura, haciendo uso de la escala del método Spectrum.

Tabla 4. 3 Evaluación de la dulzura de ocho variedades de batata.

| Variedades | Promedio* |
|------------------|-------------------|
| Nemagold | 4.26 ^A |
| Beauregard | 3.70 ^B |
| Pujols | 3.44 ^B |
| Carlos Hernández | 3.33 ^B |
| Craneal | 3.22 ^B |
| Camuy | 2.67 ^C |
| Dune | 1.93 ^D |
| Ivoire | 1.70 ^D |

*Promedios con letras diferentes son significativamente diferentes (p<0.05)

A mayor promedio mayor dulzura

4.1.2.2. Prueba de ordenamiento (“Ranking”)

Esta evaluación se realizó mediante una prueba de ordenamiento. Para realizar el análisis de esta prueba se utilizó el análisis de varianza ANOVA con un 95% de confianza (ver Apéndice 8.3.2). Para determinar diferencias entre las variedades se utilizó la prueba Fisher. Esta prueba se realizó para determinar la preferencia en base al atributo de dulzura de las cinco variedades escogidas previamente por el panel adiestrado. Los resultados que se presentan en la Tabla 4.4, fueron en base a 80 panelistas (profesores, personal no docente y estudiantes del RUM). Al analizar los resultados de esta prueba, se observó diferencia significativa entre algunas variedades. De acuerdo a la escala provista en la hoja del panelista, *Nemagold* fue la variedad de mayor preferencia por los panelistas. Sin embargo, no se encontró diferencia significativa con la variedad *Beauregard*, esta presentó un puntaje similar. Luego le siguen las variedades *Pujols* y *Craneal*. La variedad menos preferida por los panelistas fue *Carlos Hernández*.

Los panelistas de esta prueba, no encontraron diferencias entre las variedades *Nemagold* y *Beauregard*, pero si encontraron diferencias entre las variedades *Pujols* y *Carlos Hernández*, a diferencia de los panelistas adiestrados. Los panelistas que realizaron la prueba de valoración fueron especialmente adiestrados para detectar diferencias entre las variedades, en base al atributo de dulzura. Mientras que los panelistas de esta prueba no estuvieron adiestrados, y siendo la batata un alimento con diversos componentes (ácidos orgánicos, carbohidratos, lípidos, y otros compuestos bioactivos), sus respuestas pudieron verse influenciadas por la combinación de estos componentes luego de la cocción.

Tabla 4. 4 Evaluación de la dulzura de cinco variedades de batata.

| Variedad | Promedio* |
|------------------|--------------------|
| Nemagold | 2.56 ^A |
| Beauregard | 2.60 ^A |
| Pujols | 3.03 ^B |
| Craneal | 3.31 ^{BC} |
| Carlos Hernández | 3.59 ^C |

*Promedios con letras diferentes son significativamente diferentes (p<0.05)

A menor promedio mayor dulzura

Tomando en consideración solo las cinco primeras variedades de la evaluación sensorial de intensidad de dulzura y las variedades analizadas en la evaluación de preferencia (Tabla 4.3 y 4.4), se puede observar que las variedades *Beauregard* y *Nemagold* fueron escogidas como las batatas más dulces. La tercera variedad en el nivel de dulzura es *Pujols*. Siguiendo el orden de dulzura, *Craneal* y *Carlos Hernández* fueron las variedades menos dulces. Para estas dos últimas variedades no se encontró diferencia significativa en ambas evaluaciones.

4.2. Análisis proximal de las variedades de batata

La composición nutricional de la batata se evaluó mediante análisis proximal. Los resultados obtenidos se muestran en la (Tabla 4.8). La comparación entre variedades se dio en base seca. Se utilizó el análisis de varianza ANOVA y la Prueba de Fisher con un nivel de confianza del 95%, para hallar diferencias significativas entre las variedades.

El agua es el mayor componente que se encuentra en la raíz de la batata. Al analizar el porcentaje de humedad, entre algunas variedades se encontraron diferencias significativas. La variedad *Beauregard* (75.62 ± 0.32 %), presentó el mayor porcentaje de humedad, luego le sigue en orden descendente la variedad *Nemagold* (73.48 ± 0.45 %), *Craneal* (71.06 ± 0.43 %), *Pujols* (69.81 ± 0.15 %), *Camuy* (68.33 ± 0.23 %), *Carlos Hernández* (63.65 ± 0.37 %), *Ivoire* (60.57 ± 0.35 %) y *Dune* (60.37 ± 0.15 %). Resultados similares fueron reportados por Ellong et al. (2014), donde indican que el porcentaje de humedad varía de 60.7% a 70.4%, en batatas que fueron cultivadas en la isla Martinica. Los porcentajes de humedad obtenidos son comparables con los resultados mostrados por Colato et al. (2011), donde el rango de humedad va de 59.1-77.7%, en batatas cultivadas en Brasil.

Los carbohidratos representan el mayor porcentaje de nutrientes de la materia seca de la batata. Los porcentajes se muestran en la Tabla 4.8. *Dune* (94.52 ± 0.17 %), *Ivoire* (94.34 ± 0.13 %) y *Craneal* (94.30 ± 0.28 %) presentaron un alto contenido de carbohidratos, no se encontró diferencias significativas entre estas variedades. Por otro lado, la variedad *Nemagold* (91.95 ± 0.08 %) presentó el contenido más bajo de carbohidratos. Aproximadamente el 80-90% de la materia seca de la raíz de la batata está constituida por

carbohidratos principalmente por almidón y azúcares, con pocas cantidades de pectina, hemicelulosa y celulosa (Lebot, 2009).

La raíz de la batata es una buena fuente de minerales. En este estudio se determinó el porcentaje de ceniza en base seca para cada variedad, el cual contiene minerales y trazas de elementos (residuos inorgánicos no volátiles). El potasio es el mineral que se encuentra en mayor concentración, luego le sigue fósforo, calcio, sodio, magnesio y hierro (Colato et al., 2011; Woolfe, 1992). De acuerdo a los resultados, la variedad *Nemagold* ($3.43 \pm 0.10\%$) presenta el mayor contenido de cenizas. La variedad que presentó el menor contenido de ceniza fue *Ivoire* ($2.22 \pm 0.12\%$). Sin embargo, no se encontró diferencia significativa con las variedades *Craneal* ($2.37 \pm 0.22\%$) y *Carlos Hernández* ($2.45 \pm 0.10\%$). Según los valores mostrados por Lebot (2009), el porcentaje de cenizas está entre un rango de 3.0-4.0 % en base a peso seco. Parte de las muestras analizadas en este estudio están dentro de este rango. Sin embargo valores presentados por Colato et al. (2011), muestran que el porcentaje de ceniza en algunas variedades va de 0.6 a 1.7% en base a peso fresco. En base a peso fresco las muestras analizadas están dentro de este rango (*Dune* 1.08%, *Camuy* 0.94%, *Nemagold* 0.91%, *Carlos Hernández* 0.89%, *Ivoire* 0.88%, *Pujols* 0.82%, *Beauregard* 0.71%, *Craneal* 0.69%).

En este estudio también se determinó el porcentaje de proteína bruta en base seca. *Nemagold* ($3.87 \pm 0.01\%$) y *Beauregard* ($3.87 \pm 0.02\%$) fueron las variedades que presentaron el mayor contenido de proteína. En cambio la variedad *Dune* ($2.22 \pm 0.01\%$) fue la que presentó el valor más bajo. Estos resultados se encuentran dentro del rango que reporta Woolfe (1992), en donde el porcentaje de proteína en base a peso seco va de 1.27-10.07% en muestras que fueron cultivadas en Taiwan. Sin embargo, el porcentaje de proteína varía ampliamente. Woolfe (1992), también reporta que en muestras cultivadas en Perú el porcentaje va de 8.9-14.9% (base en peso seco).

El contenido de grasa en muestras de batata es bajo y variable. De acuerdo a los resultados en base seca, la variedad *Camuy* ($0.42 \pm 0.05\%$) mostró el menor contenido de grasa, sin embargo no muestra diferencia significativa con la variedad *Carlos Hernández* ($0.46 \pm 0.05\%$). La variedad que presentó el mayor contenido de grasa fue la variedad *Nemagold* ($0.75 \pm 0.03\%$). Resultados reportados por Colato et al. (2011) en batatas que

fueron cultivadas en Brasil, indican que el porcentaje de grasa va de 0.3-0.8%. Woolfe (1992), también indica que el porcentaje de grasa es bajo, va de 0.06-0.48%. Ambos resultados son reportados en base a peso fresco. Los resultados obtenidos en este estudio al expresarse en base a peso fresco están dentro de estos rangos (*Nemagold* 0.20%, *Beauregard* 0.12%, *Camuy* 0.13%, *Craneal* 0.16%, *Carlos Hernández* 0.17%, *Pujols* 0.19%, *Ivoire* 0.26% y *Dune* 0.21%).

Por último se llevó a cabo el análisis de fibra cruda. De acuerdo al análisis, la variedad *Nemagold* ($4.22 \pm 0.25\%$) presentó el mayor contenido de fibra cruda en base a peso seco. En cambio la variedad *Camuy* ($2.27 \pm 0.07\%$) fue la que presentó el menor contenido de fibra, sin embargo no se encontró diferencia significativa con la variedad *Craneal* ($2.54 \pm 0.04\%$). Resultados similares fueron reportados por Ruiz (1984), donde indica que el porcentaje de fibra en las batatas analizadas es del 2.19% en base a peso seco. Valores presentados por Lebot (2009), muestran que el porcentaje de fibra en algunas variedades va de 0.49 a 4.71% en base a peso fresco. En base a peso fresco las muestras analizadas están dentro de este rango (*Dune* 1.04%, *Camuy* 0.72%, *Nemagold* 1.12%, *Carlos Hernández* 0.96%, *Ivoire* 1.21%, *Pujols* 1.11%, *Beauregard* 0.95%, *Craneal* 0.75%).

Tabla 4. 5 Comparación de la composición nutricional de las ocho variedades de batata.

| Variedad | Humedad | Ceniza* | Proteína Bruta* | Grasa cruda* | Carbohidratos* | Fibra cruda* |
|-------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | % | | | | | |
| Beauregard | 75.62±0.32 ^G | 2.89±0.05 ^B | 3.87±0.02 ^D | 0.50±0.01 ^{BC} | 92.73±0.03 ^B | 3.88±0.11 ^D |
| Nemagold | 73.48±0.45 ^F | 3.43±0.10 ^C | 3.87±0.01 ^D | 0.75±0.03 ^E | 91.95±0.08 ^A | 4.22±0.25 ^E |
| Craneal | 71.06±0.43 ^E | 2.37±0.22 ^A | 2.78±0.02 ^B | 0.55±0.06 ^C | 94.30±0.28 ^E | 2.54±0.04 ^{AB} |
| Pujols | 69.81±0.15 ^D | 2.71±0.17 ^B | 3.32±0.01 ^C | 0.63±0.02 ^D | 93.34±0.16 ^C | 3.67±0.20 ^D |
| Camuy | 68.33±0.23 ^C | 2.97±0.20 ^B | 3.33±0.02 ^C | 0.42±0.05 ^A | 93.29±0.17 ^C | 2.27±0.07 ^A |
| Carlos H. | 63.65±0.37 ^B | 2.45±0.10 ^A | 3.31±0.01 ^C | 0.46±0.05 ^{AB} | 93.78±0.07 ^D | 2.63±0.07 ^B |
| Ivoire | 60.57±0.35 ^A | 2.22±0.12 ^A | 2.77±0.01 ^B | 0.67±0.02 ^D | 94.34±0.13 ^E | 3.06±0.32 ^C |
| Dune | 60.37±0.15 ^A | 2.71±0.31 ^B | 2.22±0.01 ^A | 0.54±0.02 ^C | 94.52±0.17 ^E | 2.62±0.01 ^B |

*Los resultados están presentados en base seca

Promedios con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

4.3. Análisis de azúcares

El análisis de azúcares se llevó a cabo para determinar el contenido de azúcares de cada variedad. Para esta determinación se realizó el análisis de cada azúcar (glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa) mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), tanto para muestras crudas como cocidas. Con los resultados obtenidos se calculó los equivalentes de sacarosa “ES”, que es una medida de la dulzura relativa. Los resultados del análisis de azúcares en muestras de batata cruda y cocida se muestran en las Figuras 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7. Las concentraciones de glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa, varían en cada variedad analizada.

De acuerdo a los resultados obtenidos en muestras de batata cruda, el azúcar que se encuentra en mayor concentración en todas las variedades analizadas es la sacarosa. Este resultado coincide con los reportados por otros autores (Dumas et al., 2012; Hernández-Carrión et al., 2010; Lai et al., 2013; Lewthwaite et al., 1997; Takahata, 1995), donde señalan que el azúcar principal en muestras de batata cruda es la sacarosa. Seguidamente se encuentran fructosa y glucosa. Maltosa también se encuentra presente, pero en poca cantidad. Se encontró que en cada variedad las concentraciones de glucosa, fructosa y sacarosa varían. Estos resultados coinciden con los reportados por Truong et al. (1997) y Zhang et al. (2002), donde indican que para cada variedad analizada el contenido de estos azúcares varía.

Como se puede observar en la Figura 4.3, para el análisis de glucosa en muestras de batata cruda, se encontraron diferencias significativas en las variedades analizadas. *Beauregard* ($3.58 \pm 0.17\%$) fue la variedad que presentó el mayor contenido de glucosa, luego le siguen *Nemagold* ($1.49 \pm 0.06\%$), *Pujols* ($0.71 \pm 0.03\%$), *Craneal* ($0.52 \pm 0.01\%$) y *Carlos Hernández* ($0.40 \pm 0.02\%$). Cuando las muestras se sometieron a cocción, se dio un aumento significativo en la concentración de este azúcar para algunas de las variedades. Se observó que la variedad *Beauregard* ($4.26 \pm 0.05\%$) también presentó el contenido más alto de glucosa. Las variedades *Nemagold* ($1.92 \pm 0.07\%$) y *Pujols* ($1.04 \pm 0.03\%$) también presentaron un aumento significativo en su concentración. Mientras que las variedades *Craneal* ($0.35 \pm 0.01\%$) y *Carlos Hernández* ($0.38 \pm 0.01\%$) presentaron un contenido menor de este azúcar en estado cocido.

Contenido de glucosa en las cinco variedades de batata

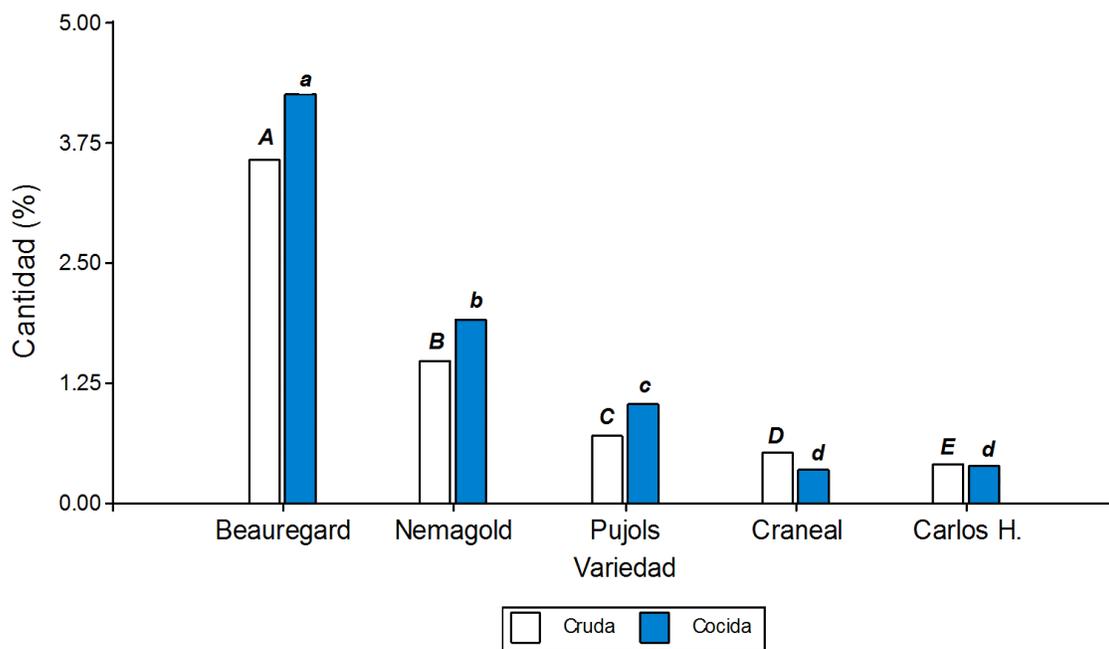


Figura 4.3 Comparación del contenido de glucosa en batatas crudas y cocidas.

Promedios con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$). Batatas crudas (letras mayúsculas), batatas cocidas (letras minúsculas)

En la Figura 4.4 se observa los resultados del análisis de fructosa. En este análisis se encontró diferencia significativa en algunas variedades. *Beauregard* fue la variedad que presentó el contenido más alto de este azúcar tanto en estado crudo ($3.40 \pm 0.13\%$) como cocido ($4.27 \pm 0.11\%$). *Nemagold* fue la siguiente variedad en presentar también un contenido alto de este azúcar en estado crudo ($1.54 \pm 0.08\%$) y cocido ($2.37 \pm 0.11\%$). Al igual que estas dos variedades *Pujols*, también mostró un aumento significativo en la concentración de este azúcar cuando fue sometida a cocción. Las variedades *Craneal* y *Carlos Hernández* mostraron el menor contenido de este azúcar tanto en estado crudo como cocido. No se encontró diferencia significativa entre estas dos variedades.

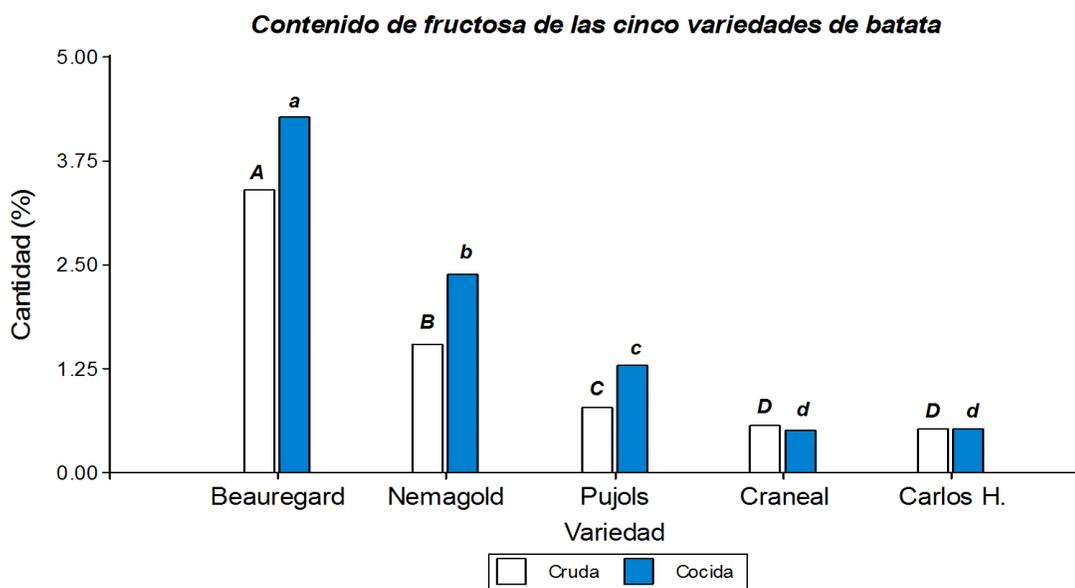


Figura 4.4 Comparación del contenido de fructosa en batatas crudas y cocidas.

Promedios con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$). Batatas crudas (letras mayúsculas), batatas cocidas (letras minúsculas)

En el análisis de sacarosa en estado crudo (Figura 4.5), se encontró que la variedad *Craneal* ($9.49 \pm 0.13\%$) presenta el mayor contenido de este azúcar, luego siguen las variedades *Pujols* ($9.09 \pm 0.07\%$), *Nemagold* ($9.08 \pm 0.31\%$), *Beauregard* ($8.97 \pm 0.21\%$) y *Carlos Hernández* ($8.56 \pm 0.34\%$). En estado cocido *Nemagold* fue la variedad que presentó el mayor contenido de este azúcar, mientras que *Carlos Hernández* presentó el menor contenido. Se observó que las variedades *Beauregard* ($8.54 \pm 0.08\%$), *Craneal* ($8.21 \pm 0.14\%$) y *Carlos Hernández* ($7.66 \pm 0.07\%$), muestran una reducción de sacarosa cuando son sometidas a cocción, mientras que la variedad *Nemagold* ($10.41 \pm 0.07\%$) muestra un aumento. Para la variedad *Pujols* no se encontró diferencia en la concentración de este azúcar, tanto en estado crudo como cocido. Resultados similares fueron reportados por Lai et al. (2013), donde indican que se dio una ligera disminución en el contenido de sacarosa en la mayoría de las variedades que analizaron cuando estas fueron horneadas; mencionan también que el calor tiene un impacto significativo en la degradación de sacarosa. Picha (1986) reportó que en muestras asadas, se da una disminución de este azúcar en raíces de pulpa blanca y un aumento en raíces de pulpa anaranjada; indicando que las vías enzimáticas relacionadas con el metabolismo de sacarosa difieren en los tipos de raíz.

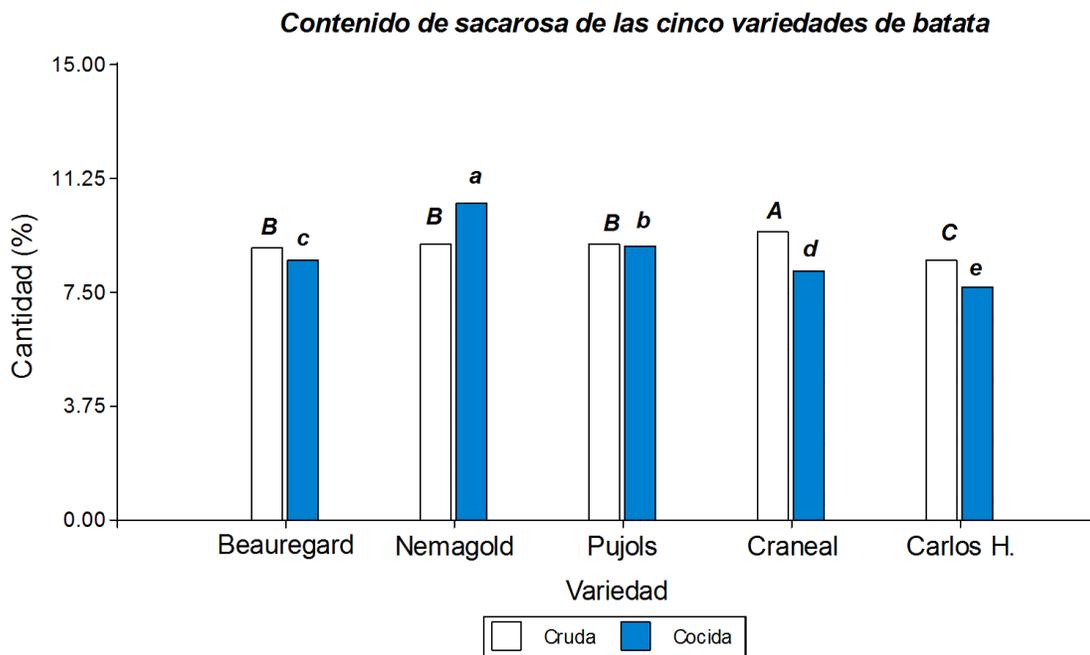


Figura 4. 5 Comparación del contenido de sacarosa en batatas crudas y cocidas.

Promedios con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$). Batatas crudas (letras mayúsculas), batatas cocidas (letras minúsculas)

Como se observó en los resultados, se da cambios en la concentración de glucosa, fructosa y sacarosa para las diferentes variedades tanto en estado crudo como cocido. Algunos investigadores como Picha (1985), Takahata et al. (1992) y Wang y Kays (2003), encontraron un incremento en la concentración de glucosa, fructosa y sacarosa después de la cocción. Mientras que otros, como Lewthwaite et al. (1997), Dumas et al. (2012) y Truong et al. (1986), encontraron una reducción de estos azúcares. A pesar de hallar relaciones similares en algunas variedades con respecto al efecto de la cocción, el cambio en las concentraciones de estos azúcares depende de la variedad. También se debe señalar la importancia del componente genético de cada variedad sobre la dulzura de cada batata.

En el análisis de maltosa (Figura 4.6) para muestras crudas, los resultados mostrados son una aproximación, debido a que la cantidad de maltosa en estas muestras fue muy baja y el equipo no lo pudo cuantificar. Algunos valores están fuera del límite de detección y cuantificación (ver Apéndice 8.6). De acuerdo a estos resultados en muestras de batata cruda, se encontró que la variedad *Beauregard* ($0.34 \pm 0.01\%$) presenta el mayor contenido de este azúcar y que las variedades *Nemagold* y *Pujols* (0.18%) presentan el

menor contenido. Estos resultados coinciden con los valores reportados por Rees et al. (2003) y Dumas et al. (2012), donde indican que el porcentaje de maltosa es bajo en las variedades analizadas. Sin embargo, en ese último estudio también reportaron que para algunas variedades no se detecta la presencia de maltosa. Otros autores indican que en muestras de batata cruda no se detecta la presencia de maltosa (Hernández-Carrión et al., 2010; Picha, 1985; Ridley et al., 2005; Takahata, 1995). La presencia de maltosa en muestras crudas se puede deber a la aplicación de calor durante la extracción con etanol de los azúcares (Dumas et al., 2012).

Al someter las muestras a cocción, el azúcar que se encuentra en mayor concentración es la maltosa. Se da un aumento significativo en la concentración de este azúcar para cada variedad. Estos resultados coinciden con los reportados por otros autores, donde indican que la maltosa es el azúcar principal de las batatas luego de que estas son sometidas a cocción (Hernández-Carrión et al., 2010; Lewthwaite et al., 1997; Woolfe 1992). La aparición de este azúcar se debe a la hidrólisis del almidón, durante la cocción, por medio de la acción enzimática de la α -amilasa y β -amilasa.

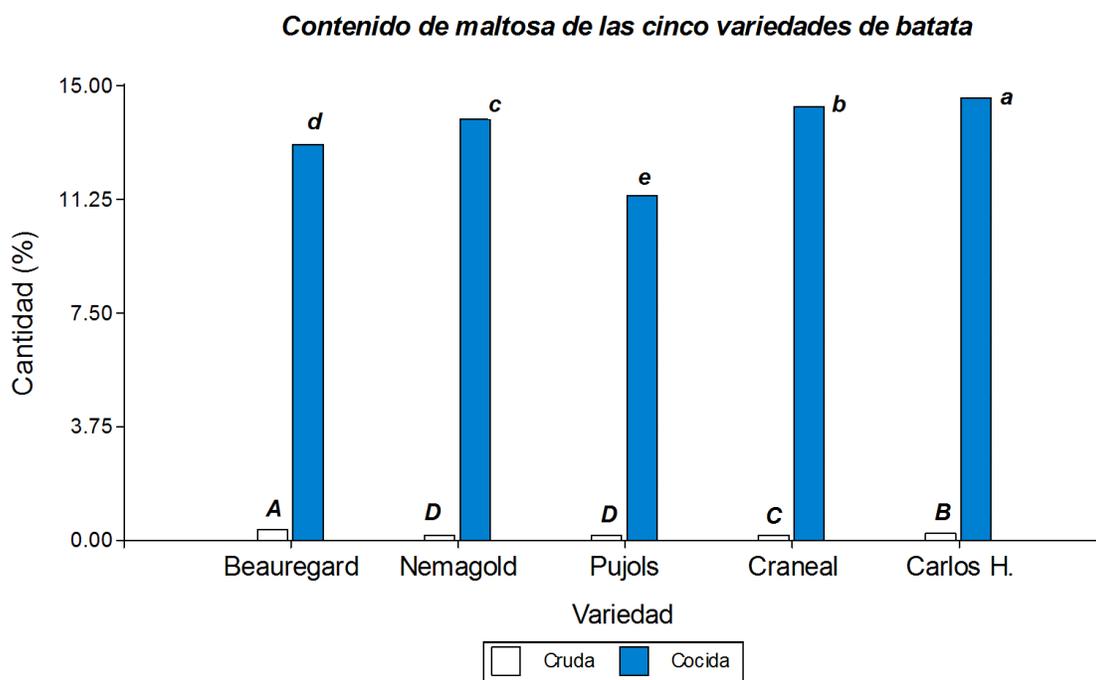


Figura 4. 6 Comparación del contenido de maltosa en batatas crudas y cocidas.

Promedios con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$). Batatas crudas (letras mayúsculas), batatas cocidas (letras minúsculas)

La dulzura relativa (ES) en cada variedad, mostró un aumento luego de la cocción (Figura 4.7). En muestras cocidas, se encontró diferencia significativa entre algunas variedades. La variedad *Beauregard* (23.38%) presentó el mayor índice dulzura con respecto a las demás variedades. Luego le siguen las variedades *Nemagold* (20.52%), *Pujols* (15.77%), *Craneal* (14.07%) y por último *Carlos Hernández* (13.67%), debido a su bajo contenido de azúcares. En estado crudo se tiene el mismo patrón, sin embargo no se encontró diferencia significativa entre la variedad *Pujols* y *Craneal*. En el estudio realizado por Hernández-Carrión et al. (2010) en muestras de batatas cultivadas en Puerto Rico, reportaron que la dulzura relativa es mayor en muestras cocidas (hervidas y en microondas) que crudas.

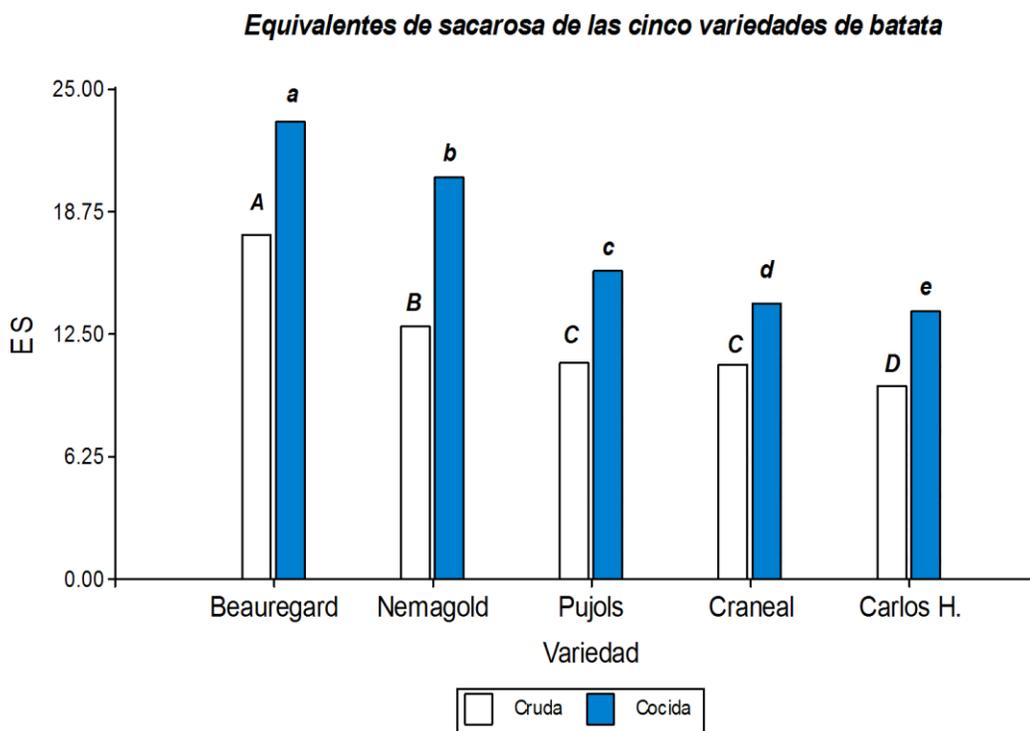


Figura 4. 7 Comparación de los equivalentes de sacarosa en batatas crudas y cocidas.

Promedios con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$). Batatas crudas (letras mayúsculas), batatas cocidas (letras minúsculas)

4.4. Sólidos insolubles en alcohol

El almidón es el componente principal de la materia seca de la raíz de la batata. El contenido de almidón se determinó de forma indirecta como el contenido de sólidos insolubles en alcohol (AIS). Estos sólidos son la fracción insoluble producto de la extracción de los azúcares en alcohol (Dumas et al., 2012; Hernández-Carrión et al., 2011; Ridley et al., 2005). El contenido de almidón varía inversamente al contenido de azúcares presentes en la batata. Cuando la raíz es sometida a cocción se da una disminución de los AIS, esto debido a que el almidón es convertido en maltosa y dextrinas (Lebot, 2009; Lewthwaite et al., 1997). La disminución de los AIS es directamente proporcional a la reducción del almidón (Walter et al., 1997). Los AIS disminuyen después de la cocción en proporción similar al aumento de azúcares (especialmente maltosa).

De acuerdo a los resultados (Tabla 4.6), el contenido de AIS fue afectado por la cocción. Los porcentajes de sólidos insolubles en alcohol en raíces asadas resultaron ser menores que los de las raíces crudas. Estos resultados coinciden con los reportados por Hernández Carrión et al. (2011), Ridley et al. (2005) y Truong et al. (1986).

En el análisis de batatas crudas, *Beauregard* presentó el menor contenido de sólidos insolubles, a su vez fue la variedad que presentó la mayor dulzura debido a las altas concentraciones de glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa en estado crudo. *Nemagold* fue la segunda variedad en presentar un contenido menor de AIS. En cambio *Carlos Hernández* fue la variedad que presentó el mayor contenido de AIS y también presentó la menor dulzura debido al contenido de azúcares. No se encontraron diferencias significativas entre la variedades *Craneal* y *Pujols*.

Cuando las muestras se sometieron a cocción se dio una disminución en el contenido de los AIS para cada variedad. *Beauregard* también presentó el menor contenido de AIS. Mientras que *Craneal* fue la variedad que presentó el mayor contenido de AIS. Sólo en las variedades *Beauregard* y *Nemagold* se observa el mismo patrón, ambas presentan el menor contenido de AIS y a su vez estas variedades presentaron mayor dulzura. Se observó que a medida que los azúcares aumentan en la cocción el contenido de AIS disminuye, se da una relación inversa. Las diferencias en la razón de cambio de los

cuatro azúcares y la degradación del almidón se puede deber a las diferencias enzimáticas en la conversión del almidón (Lewthwaite et al., 1997).

Tabla 4. 6 Contenido de sólidos insolubles en alcohol en muestras de batata cruda y cocida.

| Variedad | AIS (%) | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Cruda* | Cocida* |
| Beauregard | 75.68±0.06 ^A | 64.39±0.68 ^A |
| Nemagold | 81.32±0.53 ^B | 64.80±0.30 ^A |
| Craneal | 84.10±0.50 ^C | 74.28±0.40 ^D |
| Pujols | 84.73±0.21 ^C | 72.39±0.15 ^C |
| Carlos H. | 86.53±0.35 ^D | 67.26±0.00 ^B |

*Promedios con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

4.5. Relación del análisis sensorial con el análisis de azúcares

Los resultados de la evaluación sensorial y el contenido de azúcares en muestras de batata cocida, se presentan en la Tabla 4.7. Después de los análisis realizados, las variedades *Nemagold* y *Beauregard* mostraron un contenido mayor de azúcares y de dulzura relativa (equivalentes de sacarosa, ES) en comparación con las otras variedades. En ambas evaluaciones sensoriales, estas variedades fueron escogidas como las batatas más dulces. Las variedades *Craneal* y *Carlos Hernández* presentaron un contenido menor de azúcares y fueron escogidas por los paneles sensoriales como las menos dulces.

Tabla 4. 7 Resultados del análisis sensorial y de la concentración de glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa y equivalentes de sacarosa (ES) en muestras de batata cocida.

| Variedad | Glucosa | Fructosa | Sacarosa | Maltosa | ES | Evaluación sensorial | |
|-------------------|---------|----------|----------|---------|-------|----------------------|-----------|
| | % | | | | | (Rating) | (Ranking) |
| Beauregard | 4.26 | 4.27 | 8.54 | 13.05 | 23.38 | 3.70 | 2.60 |
| Nemagold | 1.92 | 2.37 | 10.41 | 13.89 | 20.52 | 4.26 | 2.56 |
| Pujols | 1.04 | 1.28 | 9.04 | 11.35 | 15.77 | 3.44 | 3.03 |
| Craneal | 0.35 | 0.51 | 8.21 | 14.28 | 14.07 | 3.22 | 3.31 |
| Carlos H. | 0.38 | 0.54 | 7.66 | 14.56 | 13.67 | 3.33 | 3.59 |

Para establecer la relación de la evaluación sensorial con el análisis de azúcares en muestras de batata cocida, se realizó una Prueba de Correlación de Pearson. De acuerdo a

los resultados (Tabla 4.8), se da una relación entre la evaluación sensorial con el contenido de fructosa, sacarosa y los equivalentes de sacarosa. La mayor relación se da con el contenido de sacarosa (0.427), lo que indica que los resultados de la evaluación sensorial de dulzura por parte del panel adiestrado, dependen del contenido de sacarosa en las batatas.

Tabla 4. 8 Correlación del análisis sensorial con el análisis de azúcares en muestras de batata cocida.

| | Glucosa | Fructosa | Sacarosa | Maltosa | Equivalentes de Sacarosa (ES) |
|-----------|---------|---------------|---------------|---------|-------------------------------|
| Sensorial | 0.258 | 0.305* | 0.427* | -0.006 | 0.372* |

*Números en negrita son valores significativos, a un nivel de significancia (p=0.05)

5 CONCLUSIONES

La composición nutricional de las raíces de la batata varió dependiendo del tipo de variedad. Los resultados fueron presentados en base seca, debido a que los porcentajes de humedad mostraron diferencia significativa. La variedad *Beauregard* fue la que presentó mayor contenido de humedad. *Nemagold* se caracterizó entre las variedades por presentar el mayor contenido de ceniza, grasa cruda, fibra y proteína bruta, aunque para este último análisis la variedad *Beauregard* también presentó el mismo porcentaje de proteína. *Dune*, *Ivoire* y *Craneal* fueron las variedades que presentaron el mayor contenido de carbohidratos y no se encontró diferencia significativa entre ellas.

De acuerdo a los resultados presentados en la prueba sensorial realizada por el panel adiestrado, se concluye que la variedad *Nemagold* fue la batata con mayor intensidad de dulzura. Los consumidores en la prueba sensorial de ordenamiento escogieron a *Nemagold* y *Beauregard* como las variedades de mayor preferencia en base a su dulzura.

El contenido de glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa varió con la variedad y el tipo de tratamiento (crudo y cocido). Sacarosa fue el azúcar que se encontró en mayor concentración en las variedades de batata cruda; mientras que maltosa fue el azúcar principal en batatas cocidas. La composición de los azúcares en la batata fue significativamente afectada por el tratamiento termal.

La variedad *Beauregard* se caracterizó por tener una alta concentración de glucosa y fructosa en estado crudo y cocido. *Nemagold* fue la siguiente variedad en presentar una alta concentración de estos dos azúcares. Estas dos variedades se distinguieron de las demás por su contenido de azúcares tanto en estado crudo como cocido. La dulzura de la batata, depende de la concentración de los azúcares y de la conversión del almidón cuando es sometida a cocción.

6 RECOMENDACIONES

Al iniciar el adiestramiento del panel sensorial, se debe tener el mayor número de participantes disponibles, para que a partir de este grupo se puedan seleccionar candidatos para conformar el panel adiestrado.

En las sesiones de adiestramiento del panel sensorial, no sólo trabajar con soluciones de sacarosa, sino también trabajar con muestras de batatas antes de la evaluación final.

Como recomendación para otros proyectos, sugiero realizar los análisis con muestras de batatas frescas o con poco tiempo de congelación durante su almacenamiento.

Dentro de los procesos de selección de las variedades, en los programas de mejoramiento; no solamente se deben considerar los análisis químicos, sino también considerar los análisis sensoriales. El análisis químico de los azúcares complementado con un análisis sensorial son herramientas útiles para la selección de variedades.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Aina, A.J., Falade, K.O., Akingbala, J.O., y Titus, P. (2012). Physicochemical Properties of Caribbean Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam) Starches. *Food and Bioprocess Technology*, 5 (2), 576-583.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemist. (1990). *Official methods of analysis*. (15th Ed.). Whashington, DC.
- AOCS. American Oil Chemist's Society. (2005). *Official method Am 5-0*. Urbana, Illinois, USA.
- Brummer, Y., y Cui, W. (2005). Understanding carbohydrate analysis. En Steve W. Cui (Ed.). *Food Carbohydrates. Chemistry, physical properties and applications*. Florida: Taylor & Francis Group.
- Campaña, K. (2012). Desarrollo de compota a base de camote (*Ipomoea batata*) y quinua (*Chenopodium quinua*) como parte de alimentación complementaria para infantes. (Tesis de Licenciatura, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras). Recuperado de: <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1213/1/T3285.pdf>
- Census of Agriculture. (2012). Puerto Rico, Island and Municipio data. Recuperado de: http://www.agcensus.usda.gov/Publications/2012/Online_Resources/Specialty_Crops/sc_outly.pdf
- Colato, G., Takeiti, C. Y., De Oliveira, R. A., y Park, K. J. (2011). Sweet Potato: Production, morphological and physicochemical characteristics, and technological process. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*. (Special Issue 2), 1-18.
- Corradini, C., Cavazza, A., y Bignardi, Ch. (2012). High-performance anion-exchange chromatography coupled with pulsed electrochemical detection as a powerful tool to evaluate carbohydrates of food interest: principles and applications. Review-Article. *International Journal of Carbohydrate Chemistry*, 2012, 1-13. doi:10.1155/2012/487564
- Costell, E., y Durán, L. (1981) El análisis sensorial en el control de calidad de alimentos. III. Planificación, selección de jueces y diseño estadístico. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 21 (4), 454-460.
- CRIDAG. Centro de recursos Informativos Agrícolas de Puerto Rico. (2012). *Raíces y Tubérculos*. Recuperado de: <http://www.cridag.net/industrias/raices-y-tuberculos/>

- Cserhádi, T., y Forgács, E. (1999). *Chromatography in food science and technology*. Pennsylvania: Press Technomic Publishing Company.
- Damasio, M. M., y Costell, E. (1991). Análisis Sensorial descriptivo: generación de descriptores y selección de catadores. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 31, 165-178.
- Dumas, J. A., Ortiz, C. E., y Soler, S. (2012). Tastes and volatiles of tropical-type sweet potatoes. Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 96 (3-4), 183-198.
- Elong, E., Billard, C., y Adenet, S. (2014). Comparison of physicochemical, organoleptic and nutritional abilities of eight sweet potato (*Ipomoea batatas*) varieties. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 196-211.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2011). *Statistical database*. Recuperado de: <http://www.faostat.fao.org/site/567/default.aspx>
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2012). *Camote (Ipomoea batatas)*. Ficha Técnica. Recuperado de: <http://www.fao.org>
- FAOstat. Food and Agricultural Organization Statistical. (2008). *Production Yearbook. 2007-2008*. Rome, Italy: FAO.
- FAOstat. Food and Agricultural Organization Statistical. (2012). *Agricultural production*. Recuperado de: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
- Folkes, D. J., y Jordan, M. A. (2006). Mono-and Disaccharides: Analytical Aspects. En A. C Eliasson (Ed.). *Carbohydrates in Food* (pp. 2-37). Florida: CRC Press.
- González, O. S., Hernández, M. M., Silva, J. J., Espinoza, A., y Ros, C. (2006). Biotecnológicas Aplicadas al cultivo del boniato *Ipomoea batatas* (L.) Lam. y su relación con la conservación de la biodiversidad. *Revistas-Cuadernos de Biodiversidad 19*. Recuperado de: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1094>
- Harris, D. (2009). *Exploring chemical analysis*. (4thed). New York: W. H. Freeman and Company.
- Hernández-Carrión, T., (2001). Avalúo de Azúcares y su variabilidad en batata (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) Tipo Tropical. (Tesis de maestría). Universidad de Puerto Rico, Mayagüez).
- Hernández-Carrión, T., Ortiz, C. E., Mercado-Olivieri, M. I., Montalvo-Zapata, R., y Rivera, L. E. (2003). Modified HPLC determination of sugars in sweet potato. *Proceedings Caribbean Food Crops Society*, 39 (2), 211-215.

- Hernández-Carrión, T., Ortiz, C. E., Montalvo-Zapata, R., y Rivera, L. E. (2010). Sugars in tropical-type sweet potato varieties of Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 94 (1-2), 205-209.
- Hernández-Carrión, T., Ortiz, C. E., Montalvo-Zapata, R., y Rivera, L. (2011). Sugars and alcohol insoluble solids assessment for sweet potato cultivars recommended for Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 95 (3-4), 233-231.
- Hernández, R. (1995). *Cultivo de Batata*. (Boletín Técnico N° 24). República Dominicana. Fundación de Desarrollo Agropecuario.
- Ibáñez, F. C., y Barcina, Y. (2001). *Análisis sensorial de alimentos: métodos y aplicaciones*. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica.
- Jiang, T., Zhai, H., Wang, F., Yang, N., Wang, B., He, S. y Liu, Q. (2013). Cloning and characterization of a carbohydrate metabolism-associated gene IbSnRK1 from sweetpotato. *Scientia Horticulturae*, 158, 22–32. doi:10.1016/j.scienta.2013.04.027
- Karkacier, M., Erbas, M., Uslu, M. K., y Aksu, M. (2003). Comparison of different extraction and detection methods for sugars using amino-bonded phase HPLC. *Journal of Chromatographic Science*, 41(July), 331–333.
- Kays, S. J. (1985). The physiology of yield in the sweetpotato. En J. C. Bouwkamp (Ed.) *Sweetpotato products: A natural resource for the tropics*. (pp. 79-132). Florida: CRC Press. Boca Ratón.
- Kays, S. J., Wang, Y., y McLaurin, W. J. (2005). Chemical and geographical assessment of the sweetness of the cultivated sweet potato clones of the world. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130 (4), 591-597.
- Koehler, P. E., y Kays, S. J. (1991). Sweet potato flavor: Quantitative and qualitative assessment of optimum sweetness. *Journal of Food Quality*, 14, 241-249.
- Lai, Y. C., Huang, C. L., Chan, C. F., Lien, C. Y., y Liao, W. C. (2013). Studies of sugar composition and starch morphology of baked sweet potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). *Journal of Food Science and Technology*, 50(6), 1193–9. doi:10.1007/s13197-011-0453-6
- Laurie, S. M., Van Jaarsveld, P. J., Faber, M., Philpott, M. F., y Labuschagne, M. T. (2012). Trans- β -carotene, selected mineral content and potential nutritional contribution of 12 sweetpotato varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, 27(2), 151–159. doi:10.1016/j.jfca.2012.05.005
- Laurie, S. M., Faber, M., Calitz, F. J., Moelich, E. I., Muller, N., y Labuschagne, M. T. (2013). The use of sensory attributes, sugar content, instrumental data and consumer

- acceptability in selection of sweet potato varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(7), 1610–9. doi:10.1002/jsfa.5932
- Lawless, H. T., y Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. (2nd ed.). New York: Springer.
- Lebot, V. (2009). *Tropical Root and tuber Crops: Cassava, Sweet Potato, Yams and Aroids*. London: CABI.
- Leighton, C. S., Schönfeldt, H. C., y Kruger, R. (2008). Quantitative descriptive sensory analysis of five different cultivars of sweet potato to determine sensory and textural profiles. *Journal of Sensory Studies*, 25, 2-18.
- Leksrisonpong, P. P., Whitson, M. E., Truong, V. D., y Drake, M. A. (2012). Sensory attributes and consumer acceptance of sweet potato cultivars with varying flesh colors. *Journal of Sensory Studies*, 27(1), 59–69. doi:10.1111/j.1745-459X.2011.00367.x
- Lewthwaite, S. L., Sutton, K. H., y Triggs, C. M. (1997). Free sugar composition of sweetpotato cultivars after storage. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 25(1), 33–41. doi:10.1080/01140671.1997.9513984
- López, J., González-Castro, M. J., Naya, I., y De la Cruz, C. (1998). High-performance liquid chromatographic determination of mono- and oligosaccharides in vegetables with evaporative light-scattering detection and refractive index detection. *Journal of Chromatographic Science*, 36, 293-298.
- Martin, F. W. (1987a). A guide to standard techniques in breeding sweet potatoes al TARS. USDA-ARS.
- Martin, F. W. (1987b). Breeding sweet potatoes resistant to stress: techniques and results. *Report of the First Sweet Potato Planning Conference 1987*. Recuperado de: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/06/SW19066.pdf>
- Meyer V. (2004). *Practical High-performance Liquid Chromatography*. (4th ed.). Germany: Wiley.
- Mcharo, M., y La Bonte, D. (2007). Genotypic variation among sweetpotato clones for β -carotene and sugar content. *Proceedings of the 13th ISTRC Symposium*. (pp. 746-754). Arusha: Tanzania.
- Meilgaard, M. C., Civille, G. V., y Carr, B. T. (2007). *Sensory Evaluation Techniques*. (4th ed.). Florida: CRC Press.
- Moscoso, C. (1955). *El cultivo de la batata en Puerto Rico*. (Boletín N°126). Universidad de Puerto Rico, Rio Piedras. Estación Experimental Agrícola.

- Mukhopadhyay, S. K., Chattopadhyay, A., Chakraborty, I., y Bhattacharya, I. (2011). Crops that feed the world 5. Sweetpotato. Sweetpotatoes for income and food security. *Food Security*, 3(3), 283-305.
- Nakatani, M., y Komeichi, M. (1991). Relationship between starch content and activity of starch synthase and ADP-glucose pyrophosphorylase in tuberous root of sweet potato. *Japanese Journal of Crop Science*, 61(3), 463-468.
- Nedunchezhiyan, M., Byju, G. y Jata, S.K. (2012). Sweet Potato Agronomy. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, (Special Issue 1), 1-10.
- Nielsen S. S. (Ed.). (2010). *Food Analysis*. (4th ed.). New York Dordrecht Heidelberg London: Springer
- Noda, T., Takahata, Y., Sato, T., Kumagai, T., y Yamakawa, O. (1998). Starch properties and cell wall material contents in sweet potatoes as affected by flesh color, cultivation method and year. *Journal of Applied Glycoscience*, 45 (1), 1-9.
- Nollet, L., y Toldrá, F. (2013). *Food analysis by HPLC*. (3rd ed.). Florida: CRC Press.
- Ortega, E. (2005). Raíces y tubérculos biofortificados: Una Innovación contra el hambre ya la desnutrición en el mundo. *CENIAP HOY*, 8. Recuperado de: http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n8/arti/ortega_e2/ortega_e2.htm
- Ortiz, C. E., Acevedo-Borrero, E., Díaz-Rivera, M., Lugo-Torres, M. de L., y Vélez-Colón, R. (2011). Release of ‘Pujols’ a tropical-type sweet potato. *Journal of Agriculture University of Puerto Rico*, 95(1-2), 111-115.
- Ortiz, C. E., González-Vélez, A., Acevedo-Borrero, E., Lugo-Torres, M. de L., Díaz-Rivera, M., y Vélez-Colón, R. (2012). Release of ‘Camuy’ a white fleshed sweet potato. *Journal of Agriculture University of Puerto Rico*, 96(1-2), 123-128.
- Picha, D. (1985). HPLC Determination of sugars in raw and baked sweet potatoes. *Journal Food Science*, 50, 1189-1190.
- Picha, D. (1986). Sugar content of baked sweet potatoes from different cultivars and lengths of storage. *Journal Food Science*, 51(3), 845–846.
- Purcell, A. E., y Walter, W. M. (1988). Comparison of Carbohydrate Components in Sweet Potato Baked by Convection Heating and Microwave Heating. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 36, 360-362.

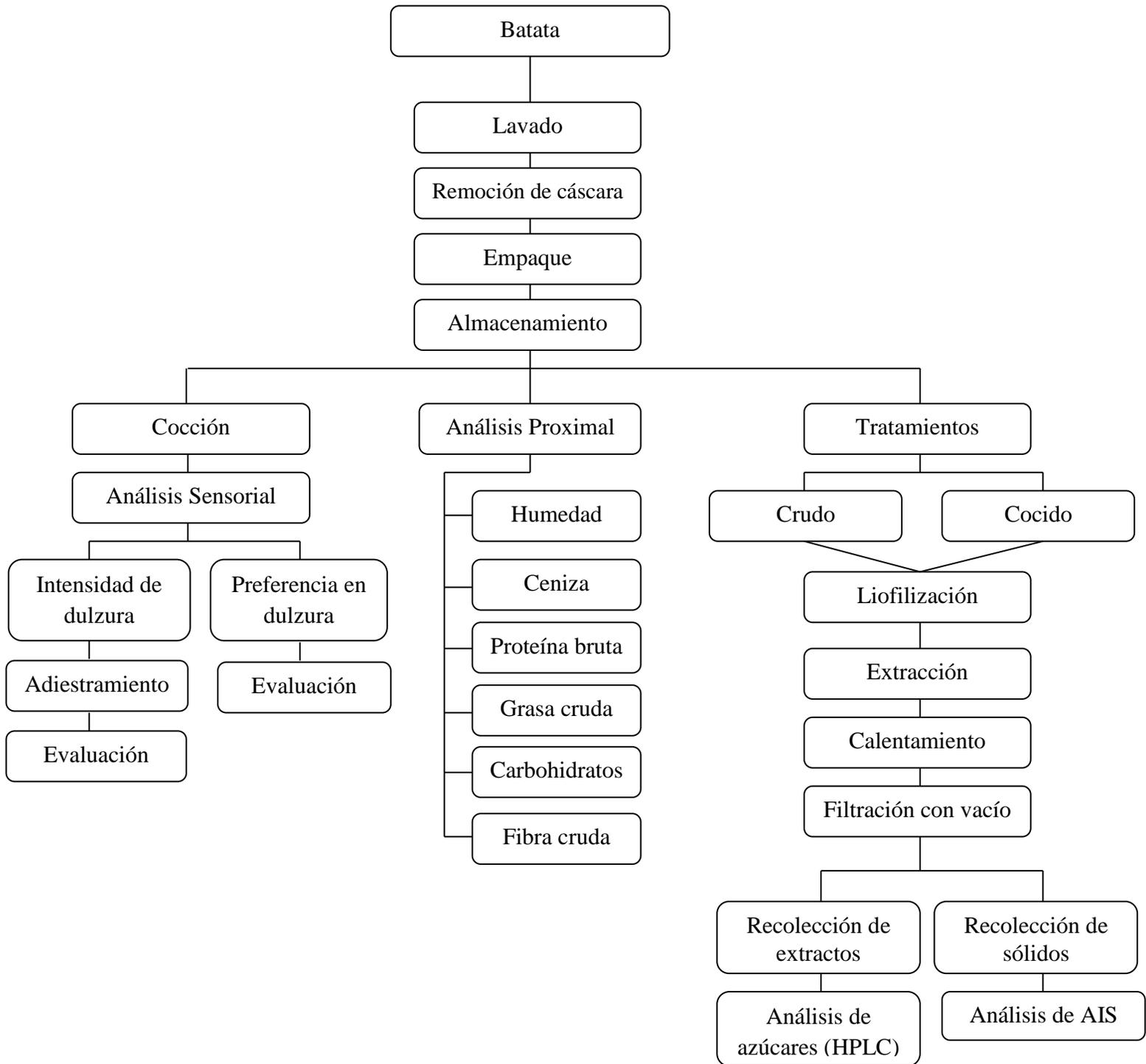
- Ramni, K., Navneet, K., Ashutosh, U., Suri, P., y Arti, T. (2011). High performance liquid chromatography detectors-A Review. *International Research Journal Pharmacy*, 5, 2230-8407.
- Rees, D., Oirschot, Q. E., Amour, R., Rwiza, E., Kapinga, R., y Carey, T. (2003). Cultivar variation in keeping quality of sweetpotatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 28, 313-325.
- Rees, D., Oirschot, Q. E., y Aked, J. (2008). The role of carbohydrates in wound-healing of sweetpotato roots at low humidity. *Postharvest Biology and Technology*, 50, 79-86.
- Ridley, S. C., Lim, M., Heenan, S., y Bremer, P. (2005). Evaluation of sweet potato cultivars and heating methods for control of maltose production, viscosity and sensory quality. *Journal of Food Quality*, 28, 191-204.
- Rodríguez-Bonilla, L., Cuevas, H. E., Montero-Rojas, M., Bird-Pico, F., Luciano-Rosario, D., y Siritunga, D. (2014). Assessment of genetic diversity of sweet potato in Puerto Rico. *PLoS One* 9(12), e116184. doi:10.1371/journal.pone.0116184
- Ruiz F. S. (1984). Estudo das variáveis envolvidas no processo de obtenção de farinhas pregelatinizadas, de batata doce, por desidratação con rolos aquecidos (Double drum-dryer). (Tesis de Maestría, Universidade Estadual de Campinas, Brazil). Recuperado de: http://www.fea.unicamp.br/alimentarium/ver_documento.php?did=625
- Sancho, J., Bota, E., y De Castro, J. J. (1999). *Introducción al Análisis Sensorial de Alimentos*. España: Universitat de Barcelona.
- Senanayake, S. A., Ranaweera, K. K., Gunaratne, A., y Bamunuarachchi, A. (2013). Comparative analysis of nutritional quality of five different cultivars of sweet potatoes (*Ipomea batatas* (L) Lam) in Sri Lanka. *Food Science & Nutrition*, 1(4), 284-91. doi:10.1002/fsn3.38
- Skoog, D. A., Holler, F. J., y Nieman, T.A. (2001). *Principios de analisis instrumental*. Madrid: Ed. Mc Graw-Hill.
- Stone, H., y Sidel, J. L. (1993). *Sensory Evaluation Practices: Food and Science Technology Series*. (2nd ed.). California: Academic Press.
- Suda, I., Oki, T., Masuda, M., Kobayashi, M., Nishiba, Y., y Furuta S. (2003). Physiological Functionality of Purple-Fleshed Sweet Potatoes Containing Anthocyanins and their Utilization in Foods. Review. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 37(3), 167-173.
- Takahata, Y. (1995). Varietal Differences in Storage Root Quality and Physiological Factors in Sweetpotato. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 29, 215-221.

- Takahata, Y., Noda, T., y Nagata, T. (1992). Varietal diversity of free sugar composition in storage root of sweet potato. *Japanese Journal of Breeding*, 42, 515-521.
- Teow, C. C., Truong, V. D., McFeeters, R. F., Thompson, R. L., Pecota, K. V., y Yencho, G. C. (2007). Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chemistry*, 103(3), 829–838. doi:10.1016/j.foodchem.2006.09.033
- Tomlins, K., Rwiza, E., Nyango, A., Amour, R., Ngendello, T., Kapinga, R., Rees, D. y Jolliffe, F. (2004). The use of sensory evaluation and consumer preference for the selection of sweetpotato cultivars in East Africa. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(8), 791–799. doi:10.1002/jsfa.1712
- Tomlins, K., Ndunguru, G., Stambul, K., Neema, J., Ngendello, T., Rwiza, E., Amour, R., Ramadhani, B., Kapande, A., y Westby, A. (2004). Sensory evaluation and consumer acceptability of pale-fleshed and orange-fleshed sweetpotato by school children and mothers with preschool children. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 2436-2446. doi:10.1002/jsfa.
- Truong, V. D., y Avula, R. Y. (2010). Sweet potatoes purees and powders for functional food ingredients. En R. C. Ray y K. I. Tomlins (Eds.). *Sweet potato: Post harvest aspects in Food*. (pp. 117-161). New York: Nova Science Publishers.
- Truong, V. D., Avula, R. Y., Pecota, K., y Yencho, C. G. (2011). Sweet potatoes. En N. K. Sinha, y Y. H. Hui (Eds.). *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing*. (pp. 717-737). New Jersey: Wiley-Blackwell Ames
- Truong, V. D., Biermann, C. y Marlett, J. A. (1986). Simple sugars, oligosaccharides, and starch concentrations in raw and cooked sweet potato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 34, 421-425.
- Truong, V. D., Walter, W.M., y Hamann, D. D. (1997). Relationship between instrumental and sensory parameters of cooked sweetpotato texture. *Journal of Texture Studies*. 28, 163-185.
- UNCTAD. United Nations Conference on Trade and Development. (2012). *Sweet Potato*. Recuperado de: <http://www.unctad.info/en/infocomm/AACP-Products/COMMODITY-PROFILE---Sweet-potato/>
- USDA. United States Department of Agriculture. (2002). *Economic Research Service. Sweet potatoes: Getting to the root of demand. Agriculture Outlook*. Recuperado de: <http://www.ers.usda.gov/publications/aib777/>

- Van Oirschot, Q. E., Rees, D., y Aked, J. (2003). Sensory characteristics of five sweet potato cultivars and their changes during storage under tropical conditions. *Food Quality and Preference*, 14(8), 673–680. doi:10.1016/S0950-3293(02)00209-4
- Walter, W. M., Collins, W. W., Truong, V. D., y Fine, T. I. (1997). Physical, compositional, and sensory properties of French fry-type products from five sweetpotato selections. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 383-388.
- Walter, W. M., Fleming, H. P., y McFeeters, R. F. (1992). Firmness control of sweet potato French fry-type product by tissue acidification. *Journal of Food Science*. 57, 138-142
- Walter, W. M., y Palma, Ch. S. (1996). Effect of long term storage on cell wall neutral sugars and galacturonic acid of two sweet potato cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 4, 278-281.
- Wang, Y., y Kays, S. J. (2003). Analytically directed flavor selection in breeding food crops. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128(5), 711–720.
- Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., y Elías, L. G. (1992). *Basic Sensory Methods for Food Evaluation*. Canada: International Development Research Center.
- Welbaum, G. E. (2015). *Vegetable production and practices*. London: CABI.
- Woolfe, J. A. (1992). *Sweet potato: An untapped food resource*. England: Cambridge University Press.
- Zhang, Z., Wheatley, C. C., y Corke, H. (2002). Biochemical changes during storage of sweet potato roots differing in dry matter content. *Postharvest Biology and Technology*, 24(3), 317–325. doi:10.1016/S0925-5214(01)00149-1
- Zhang, D., Rossel, G., Kriegner, A., y Hijmans, R. (2004). AFLP assessment of diversity in sweetpotato from Latin America and the Pacific region: Its implications on the dispersal of the crop. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 51,115–120.
- Zhu, F., y Wang, S. (2014). Physicochemical properties, molecular structure, and uses of sweetpotato starch. *Trends in Food Science & Technology*, 36(2), 68–78. doi:10.1016/j.tifs.2014.01.008

8 APÉNDICE

8.1. Flujograma general



Prueba de intensidad: Método Spectrum
Muestras de soluciones de sacarosa

Nombre del experimentador: Rosa Quispe

Lugar: Laboratorio de Análisis Sensorial – CITA

Fecha:

Muestras a entregar al panelista:

Tratamiento 1: Sacarosa al 2% A
 Tratamiento 2: Sacarosa al 3% B
 Tratamiento 3: Sacarosa al 4% C
 Tratamiento 4: Sacarosa al 6% D

| Panelista | Combinación | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 |
|------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | ABCD | 415 | 723 | 233 | 640 |
| 2 | BCDA | 996 | 315 | 523 | 418 |
| 3 | CDAB | 789 | 428 | 123 | 314 |
| 4 | DABC | 344 | 717 | 120 | 521 |
| 5 | DCBA | 921 | 730 | 301 | 423 |
| 6 | CBAD | 236 | 463 | 698 | 316 |
| 8 | BADC | 913 | 748 | 533 | 426 |
| 9 | ADCB | 448 | 376 | 789 | 912 |
| 10 | CADB | 337 | 299 | 514 | 121 |
| 11 | DBAC | 984 | 853 | 615 | 789 |
| 12 | BACD | 123 | 445 | 701 | 256 |
| 13 | ACDB | 907 | 706 | 815 | 418 |

**Prueba de valoración
Muestras de batatas (Sesión 1)**

Nombre del experimentador: Rosa Quispe

Lugar: Laboratorio de Análisis Sensorial – CITA

Fecha:

Muestras a entregar al panelista:

Tratamiento 1: Beauregard A

Tratamiento 2: Carlos Hernández B

Tratamiento 3: Ivoire C

Tratamiento 4: Pujols D

| Panelista | Combinación | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 |
|------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | ABCD | 415 | 723 | 233 | 640 |
| 2 | BCDA | 996 | 315 | 523 | 418 |
| 3 | CDAB | 789 | 428 | 123 | 314 |
| 4 | DABC | 344 | 717 | 120 | 521 |
| 5 | DCBA | 499 | 630 | 840 | 550 |
| 6 | CBAD | 921 | 730 | 301 | 423 |
| 8 | BADC | 236 | 463 | 698 | 316 |
| 9 | ADCB | 913 | 748 | 533 | 426 |
| 10 | BACD | 448 | 376 | 789 | 912 |
| 11 | ACDB | 337 | 299 | 514 | 121 |
| 12 | CDBA | 984 | 853 | 615 | 789 |
| 13 | DBAC | 173 | 445 | 701 | 256 |

Prueba de ordenamiento simple para muestras de batata

Lugar: Laboratorio de Análisis Sensorial – CITA

Fecha:

Muestras a entregar al panelista:

Muestra 1: Beauregard A

Muestra 2: Carlos Hernández B

Muestra 3: Nemagold C

Muestra 3: Pujols D

Muestra 4: Craneal E

| Panelista | Combinación | Muestra 1 | Muestra2 | Muestra 3 | Muestra 4 | Muestra 5 |
|-----------|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | ABCDE | 124 | 445 | 701 | 256 | 335 |
| 2 | BCDEA | 907 | 706 | 815 | 418 | 520 |
| 3 | CDEBA | 198 | 345 | 705 | 536 | 414 |
| 4 | DEABC | 318 | 430 | 926 | 714 | 251 |
| 5 | EABCD | 913 | 748 | 533 | 426 | 319 |
| 6 | EDCAB | 448 | 376 | 789 | 912 | 557 |
| 7 | DCABE | 337 | 299 | 514 | 121 | 420 |
| 8 | CABED | 984 | 853 | 615 | 799 | 508 |
| 9 | ABEDC | 415 | 723 | 233 | 640 | 513 |
| 10 | BEDCA | 996 | 315 | 523 | 418 | 629 |
| 11 | EDCBA | 889 | 428 | 123 | 314 | 521 |
| 12 | DCBAE | 344 | 717 | 120 | 521 | 416 |
| 13 | CBAED | 921 | 730 | 301 | 423 | 815 |
| 14 | BAEDC | 236 | 463 | 698 | 316 | 519 |
| 15 | AEDCB | 810 | 922 | 796 | 473 | 647 |
| 16 | BACDE | 269 | 917 | 418 | 763 | 888 |
| 17 | ACDEB | 523 | 271 | 162 | 861 | 912 |
| 18 | CDEBA | 533 | 834 | 693 | 954 | 396 |
| 19 | DEBAC | 920 | 128 | 255 | 373 | 684 |
| 20 | EBACD | 458 | 681 | 749 | 859 | 310 |
| 21 | CABDE | 141 | 761 | 242 | 463 | 667 |
| 22 | ABDEC | 439 | 572 | 466 | 958 | 250 |
| 23 | BDECA | 984 | 535 | 108 | 288 | 631 |
| 24 | DECAB | 324 | 278 | 438 | 981 | 891 |
| 25 | ECABD | 287 | 417 | 505 | 665 | 333 |

8.2.2. Hojas del panelista

Prueba Triángulo

Soluciones de sacarosa

Nº Panelista: _____

Fecha: _____

Instrucciones: Se les está proveyendo tres muestras de soluciones de sacarosa de las cuales dos son iguales y una es diferente. No altere el orden de las muestras. Anote el número de cada muestra (de izquierda a derecha) en el espacio provisto abajo según el orden en el que se proveen. Evalúe las muestras de izquierda a derecha y determine cuál es la diferente respecto a la dulzura, haciendo una marca en el encasillado de la muestra correspondiente. Incluya comentarios si así lo desea.

Muestra _____ _____ _____

Diferente [] [] []

Comentarios: _____

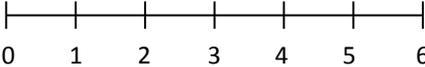
Evaluación de dulzura
Método Spectrum: Soluciones de sacarosa

N° Panelista: _____

Fecha: _____

Instrucciones: Se le está proveyendo cuatro muestras de soluciones, codificadas con tres números aleatorios. Favor de mantenerlas en el orden del que se le entregaron. Anote el número de cada muestra en los espacios provistos según el orden en el que se proveen (de izquierda a derecha). Evalúe la dulzura de cada muestra y marque con una raya vertical la magnitud de la intensidad en la escala. Recuerde tomar agua entre cada muestra para eliminar residuos. Incluya sus comentarios si lo desea.

| Muestras: | Nada dulce | Muy dulce |
|-----------|---------------|--------------|
| [] | _____ | |
| [] | _____ | |
| [] | _____ | |
| [] | _____ | |



0 1 2 3 4 5 6

Comentarios: _____

Prueba de valoración: Evaluación de dulzura
Muestras de batata

N° Panelista: _____

Fecha : _____

Instrucciones: Se le está proveyendo cuatro muestras de batata, codificadas con tres números aleatorios. Favor de mantenerlas en el orden del que se le entregaron. Anote el número de cada muestra en los espacios provistos según el orden en el que se proveen (de izquierda a derecha). Evalúe la dulzura de cada muestra y marque con una raya vertical la magnitud de la intensidad en la escala. Recuerde tomar agua entre cada muestra para eliminar residuos. Incluya sus comentarios si lo desea.

| Muestras: | Nada dulce | Muy dulce |
|-----------|---------------|--------------|
| [] | _____ | |
| [] | _____ | |
| [] | _____ | |
| [] | _____ | |

0 1 2 3 4 5 6

Comentarios: _____

Prueba de ordenamiento
Muestras de batata

Nº Panelista: _____

Fecha: _____

Atributo: Dulzura

Instrucciones: Se les está proveyendo cinco muestras de batata, codificadas con números de tres dígitos. No altere el orden de las muestras. Anote el número de cada muestra en el espacio provisto abajo según el orden en el que se proveen. Pruebe cada muestra y evalúe la dulzura de cada una. Tome agua entre cada muestra para eliminar residuos. Determine el orden de las muestras en términos de preferencia; asigne valor de 1 a la muestra de mayor preferencia y 5 a la muestra de menor preferencia. Provea comentarios si así lo desea.

Muestra _____ _____ _____ _____ _____

Preferencia _____ _____ _____ _____ _____

Comentarios: _____

8.2.3. Carta del comité para la protección de seres humanos



Comité para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación
CPSHI/IRB 00002053
Universidad de Puerto Rico – Recinto Universitario de Mayagüez
Decanato de Asuntos Académicos
Call Box 9000
Mayagüez, PR 00681-9000



16 de mayo de 2014

Sa. Rosa Liliam Quispe Tello
Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos
Colegio de Ciencias Agrícolas
Recinto Universitario de Mayagüez
Call Box 9000
Mayagüez, PR 00681-9000

Estimada Sa. Quispe Tello:

Como presidente del Comité para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación (CPSHI), he estudiado la documentación sometida para el proyecto titulado *Evaluación sensorial y química de diferentes variedades de batata de Puerto Rico* y determinado que, por limitarse la participación de los seres humanos a un estudio sensorial de opciones de distintas variedades de batata para determinar la más dulce, donde se toman medidas para evitar que personas con posibles reacciones alérgicas participen y no hay aditivos, y la administración de un cuestionario, su proyecto está exento bajo la cláusula 45 CFR 46.101(b)(2) y (6) de todos los requisitos de la parte 45 CFR 46.

Cualquier cambio al protocolo o a la metodología deberá ser revisado y aprobado por el CPSHI antes de su implantación. El CPSHI deberá ser informado de inmediato de cualquier efecto adverso o problema inesperado que surgiera con relación al riesgo de los seres humanos, de cualquier queja sobre esta investigación y de cualquier violación a la confidencialidad de los participantes.

Agradecemos su compromiso con los más altos estándares de protección de los seres humanos en la investigación. Quedamos de usted,

Atentamente,

Rosa F. Martínez Cruzado, Ph.D.
Presidente
CPSHI/IRB
UPR - RUM

8.3. Resultados estadísticos

8.3.1. Prueba de valoración

Analysis of variance

| Variable | N | R ² | Adj R ² | CV |
|----------|-----|----------------|--------------------|-------|
| valor | 216 | 0.61 | 0.42 | 33.13 |

Analysis of variance table (Partial SS)

| S.V. | SS | df | MS | F | p-value |
|--------------------|--------|-----|-------|-------|---------|
| Model. | 229.44 | 71 | 3.23 | 3.20 | <0.0001 |
| variedad | 145.14 | 7 | 20.73 | 20.54 | <0.0001 |
| panelista | 11.56 | 8 | 1.45 | 1.43 | 0.1878 |
| variedad*panelista | 72.73 | 56 | 1.30 | 1.29 | 0.1186 |
| Error | 145.33 | 144 | 1.01 | | |
| Total | 374.77 | 215 | | | |

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.54044

Error: 1.0093 df: 144

| variedad | Means | n | S.E. | |
|------------|-------|----|------|---|
| Nemagold | 4.26 | 27 | 0.19 | A |
| Beauregard | 3.70 | 27 | 0.19 | B |
| Pujols | 3.44 | 27 | 0.19 | B |
| Carlos H. | 3.33 | 27 | 0.19 | B |
| Craneal | 3.22 | 27 | 0.19 | B |
| Camuy | 2.67 | 27 | 0.19 | C |
| Dune | 1.93 | 27 | 0.19 | D |
| Ivoire | 1.70 | 27 | 0.19 | D |

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.57322

Error: 1.0093 df: 144

| panelista | Means | n | S.E. | |
|-----------|-------|----|------|-----|
| 9.00 | 3.54 | 24 | 0.21 | A |
| 8.00 | 3.25 | 24 | 0.21 | A B |
| 6.00 | 3.08 | 24 | 0.21 | A B |
| 4.00 | 3.08 | 24 | 0.21 | A B |
| 2.00 | 2.96 | 24 | 0.21 | B |
| 1.00 | 2.92 | 24 | 0.21 | B |
| 5.00 | 2.92 | 24 | 0.21 | B |
| 3.00 | 2.79 | 24 | 0.21 | B |
| 7.00 | 2.75 | 24 | 0.21 | B |

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

8.3.2. Prueba de ordenamiento

Analysis of variance

| Variable | N | R ² | Adj R ² | CV |
|------------|-----|----------------|--------------------|-------|
| Puntuación | 400 | 0.08 | 0.07 | 45.03 |

Analysis of variance table (Partial SS)

| S.V. | SS | df | MS | F | p-value |
|----------|--------|-----|-------|------|---------|
| Model. | 63.47 | 4 | 15.87 | 8.59 | <0.0001 |
| Variedad | 63.47 | 4 | 15.87 | 8.59 | <0.0001 |
| Error | 729.41 | 395 | 1.85 | | |
| Total | 792.88 | 399 | | | |

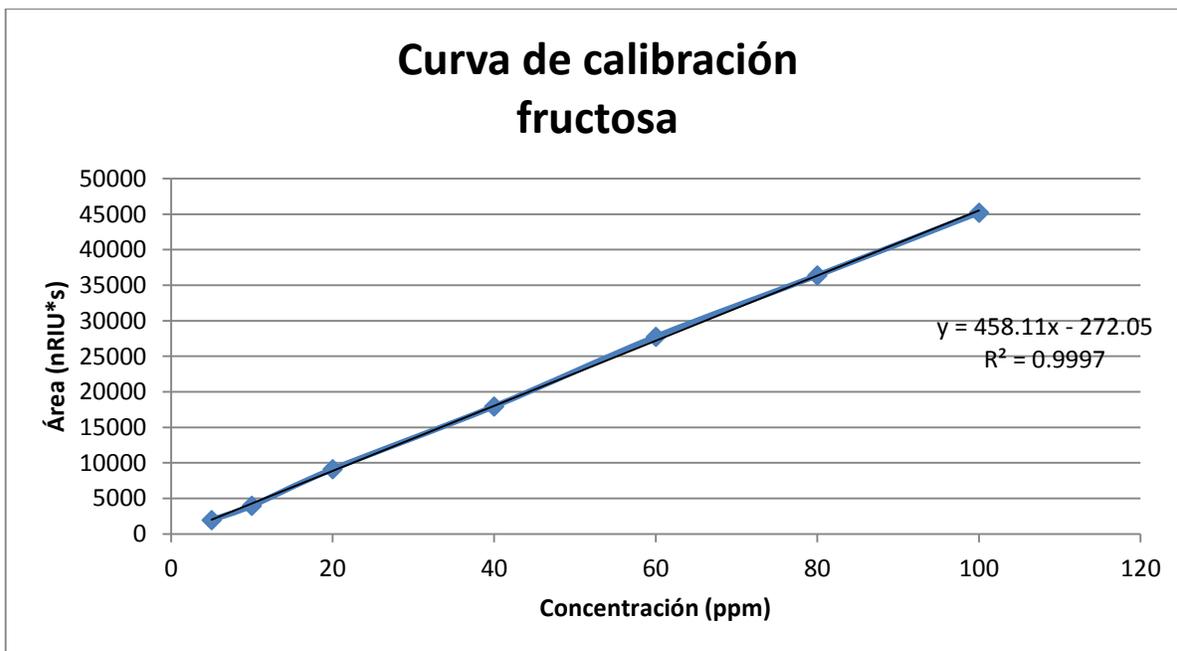
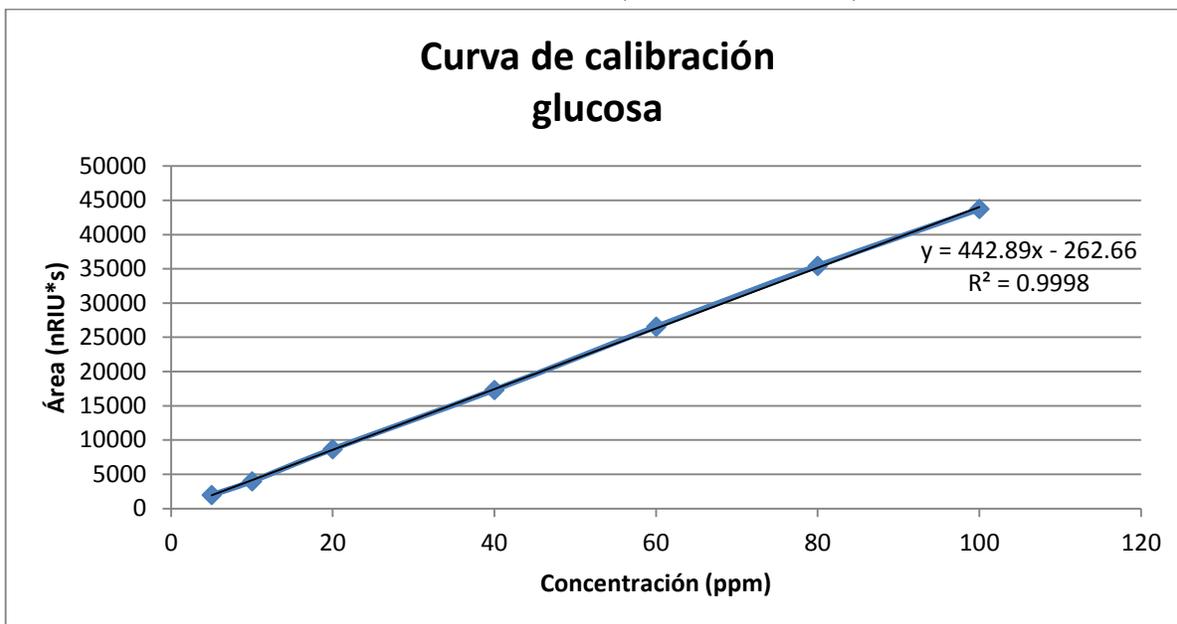
Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.42241

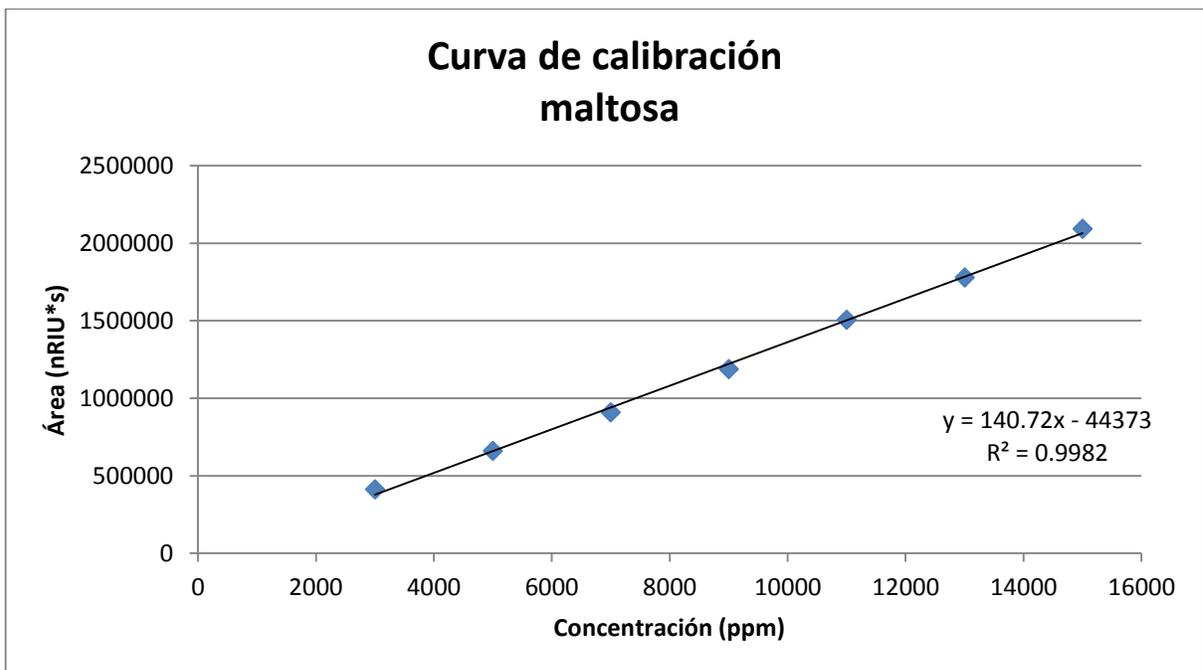
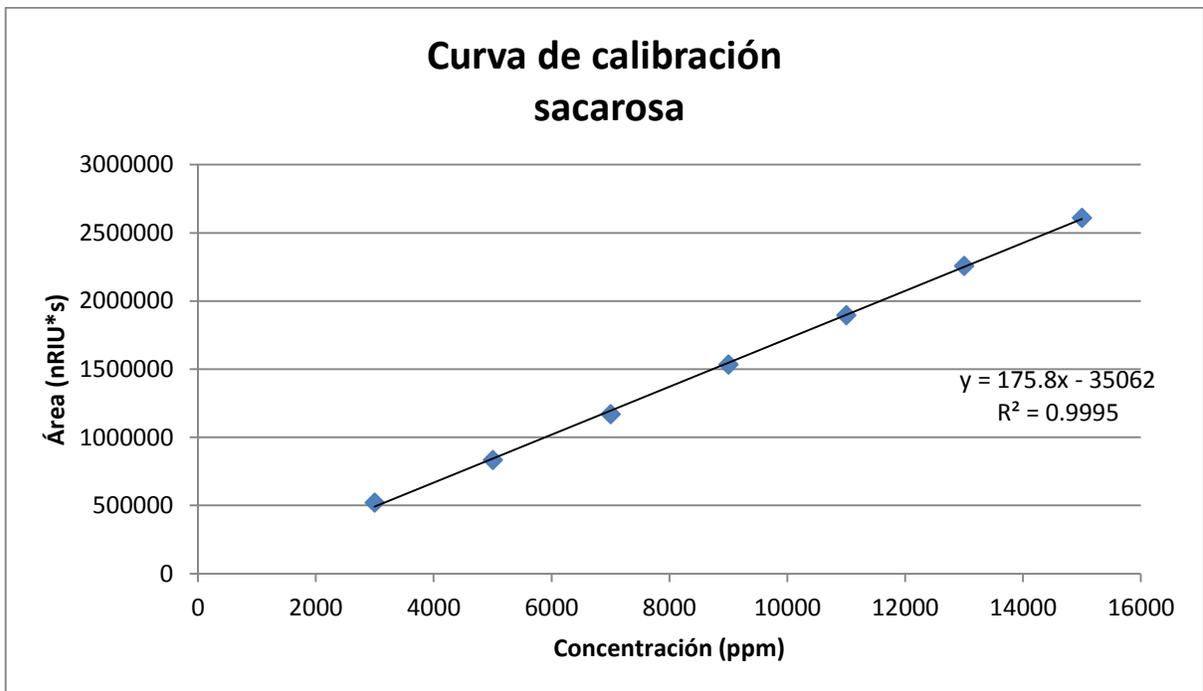
Error: 1.8466 df: 395

| Variedad | Means | n | S.E. | | |
|------------|-------|----|------|---|-----|
| Nemagold | 2.56 | 80 | 0.15 | A | |
| Beauregard | 2.60 | 80 | 0.15 | A | |
| Pujols | 3.03 | 80 | 0.15 | | B |
| Craneal | 3.31 | 80 | 0.15 | | B C |
| Carlos H. | 3.59 | 80 | 0.15 | | C |

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

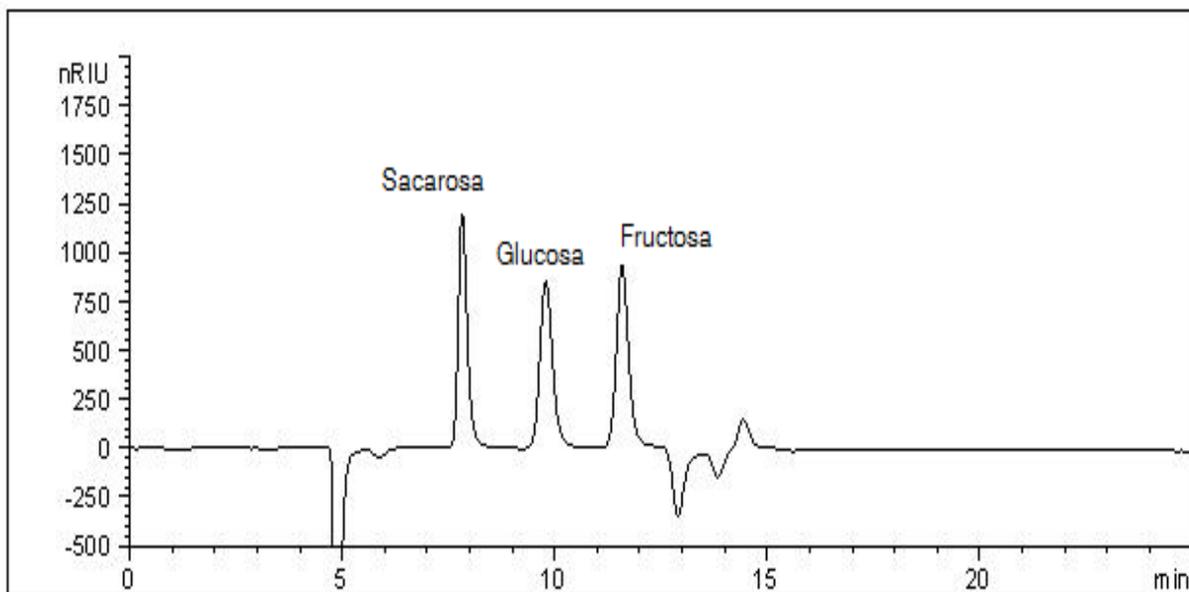
8.4. Curvas de calibración de azúcares (Método HPLC)



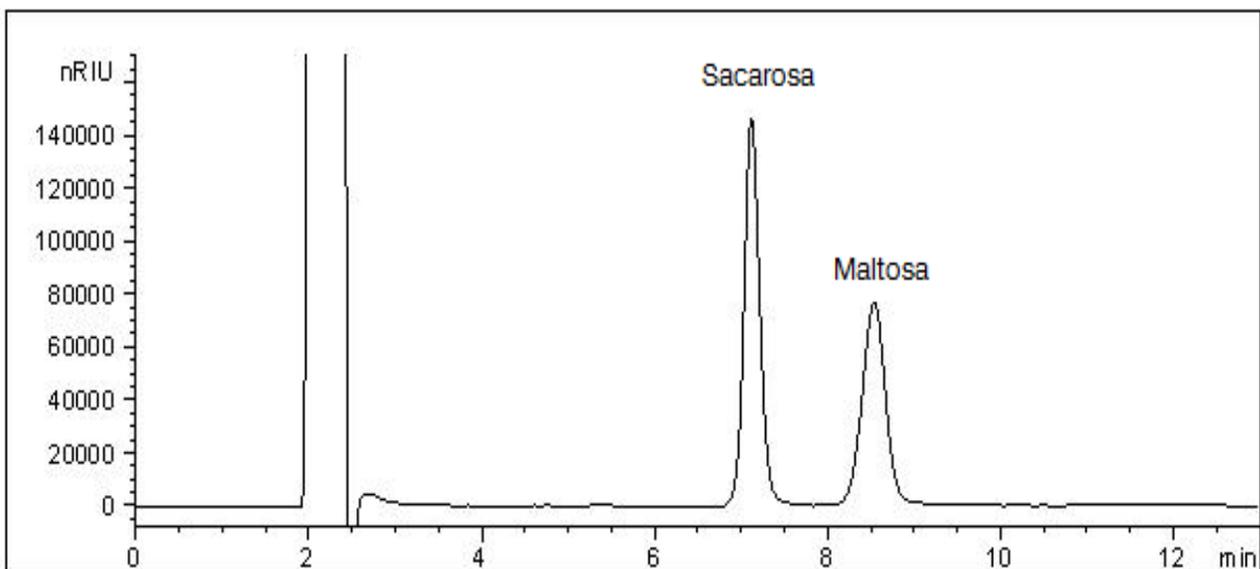


8.5. Ejemplos de cromatogramas

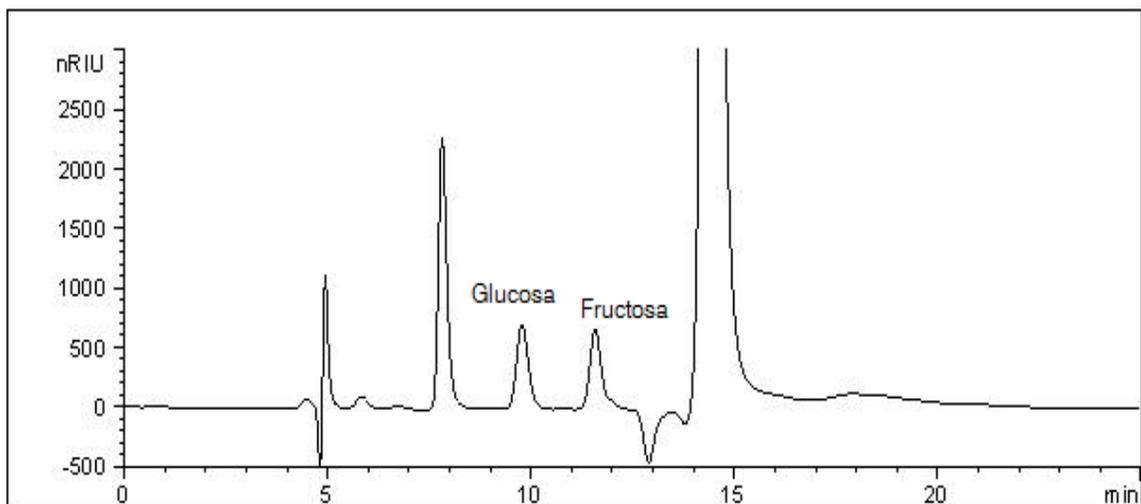
Cromatograma de estándar de sacarosa, glucosa y fructosa (40 ppm). Columna Sugar-Pak I (90°C), fase móvil H₂O/CaEDTA (0.5ml/min)



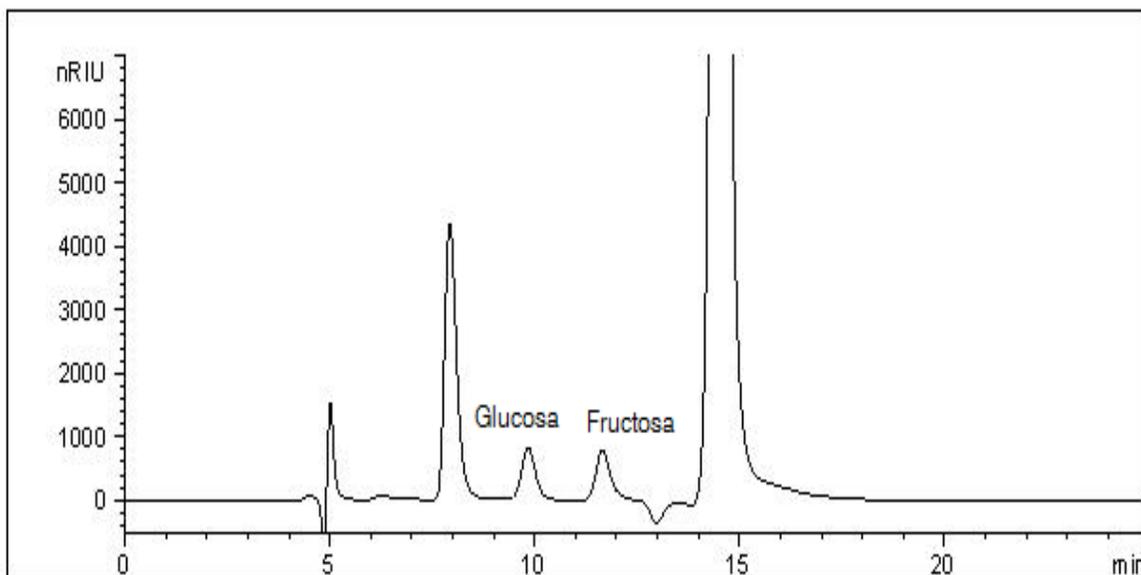
Cromatograma de estándar de sacarosa y maltosa (11000 ppm). Columna High Performance Carbohydrate (32°C), fase móvil Acetonitrilo/Agua (1.4ml/min)



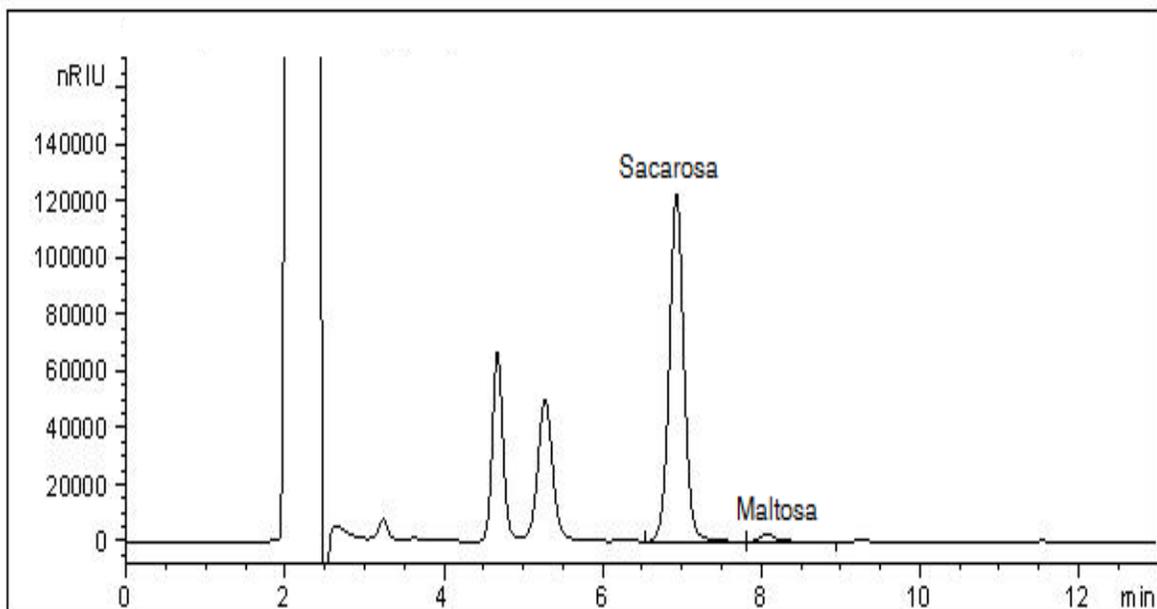
Cromatograma de la variedad *Beauregard* (muestra cruda). Columna Sugar-PakI (90°C), fase móvil H₂O/CaEDTA (0.5ml/min)



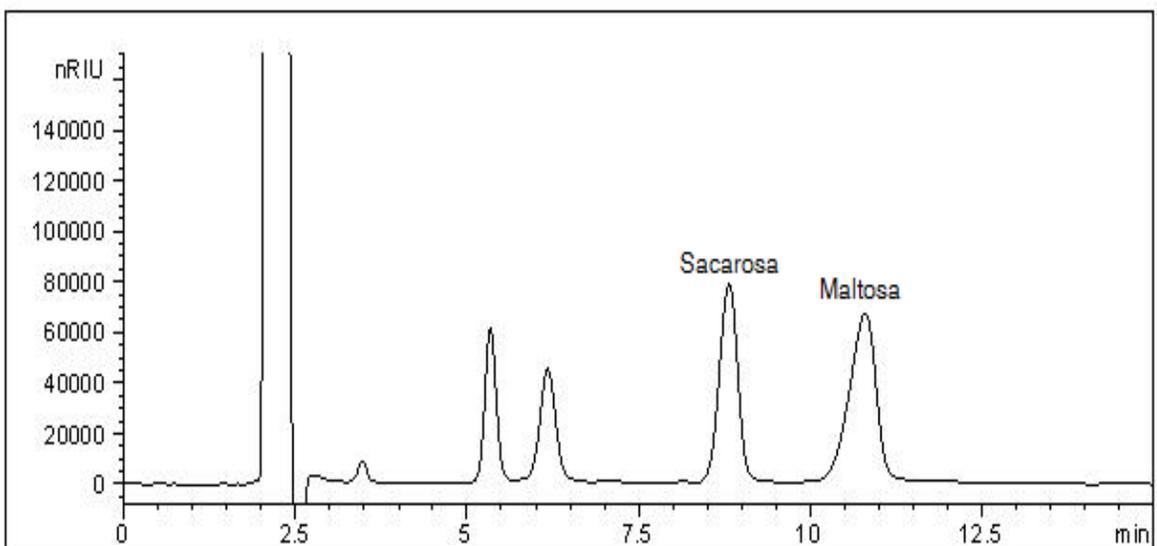
Cromatograma de la variedad *Beauregard* (muestra cocida). Columna Sugar-PakI (90°C), fase móvil H₂O/CaEDTA (0.5ml/min)



Cromatograma de la variedad *Beauregard* (muestra cruda). Columna High Performance Carbohydrate (32°C), fase móvil Acetonitrilo/Agua (1.4ml/min)



Cromatograma de la variedad *Beauregard* (muestra cocida). Columna High Performance Carbohydrate (32°C), fase móvil Acetonitrilo/Agua (1.4ml/min)



8.6. Límites de detección y cuantificación de los azúcares

Tabla 8. 1 Límite de detección y cuantificación para glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa

| Columna | Azúcar | Detección | Cuantificación |
|-------------------------|-----------------|-----------|----------------|
| | | (%) | |
| SugarPakI | Glucosa | 0.100 | 0.334 |
| | Fructosa | 0.134 | 0.446 |
| High Performance | Sacarosa | 0.301 | 1.003 |
| Carbohydrate | Maltosa | 0.565 | 1.885 |