

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRIA
MAESTRIA EN AGRICULTURA ANDINA



TESIS

**INFLUENCIA DE LA DESPOLIMERIZACIÓN DE LOS
FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS EN LA ESTRUCTURA GENERAL DE LA
RAÍZ DE YACÓN (*Polymnia sonchifolia*) ALMACENADA**

PRESENTADA POR:

DAVID JUAN RAMOS HUALLPARTUPA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN POSTCOSECHA Y MARKETING

PUNO, PERÚ

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

PROGRAMA DE MAESTRIA

MAESTRIA EN AGRICULTURA ANDINA

TESIS

INFLUENCIA DE LA DESPOLIMERIZACIÓN DE LOS
FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS EN LA ESTRUCTURA GENERAL DE LA RAÍZ
DE YACÓN (*Polymnia sonchifolia*) ALMACENADA

PRESENTADA POR:

DAVID JUAN RAMOS HUALLPARTUPA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN POSTCOSECHA Y MARKETING

MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE



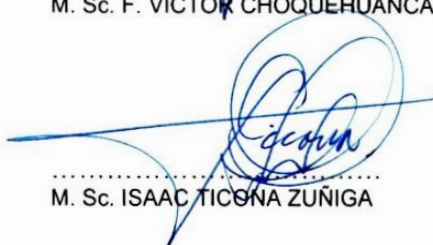
M. Sc. JOSÉ DAVID VELEZVÍA DÍAZ

PRIMER MIEMBRO



M. Sc. F. VÍCTOR CHOQUEHUANCA CACERES

SEGUNDO MIEMBRO



M. Sc. ISAAC TICÓNZA ZUÑIGA

ASESOR DE TESIS



M. Sc. HIGINIO ALBERTO ZUÑIGA SANCHEZ

Puno, 21 de octubre de 2016

ÁREA: Poscosecha y marketing

TEMA: Despolimerización de los fructooligosacáridos en raíz de Yacón almacenada

LÍNEA: Conservación de productos alimenticios

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Gregorio y Lucila; mi esposa Cándida; mis hijos Ricardo y Sulenka Araceli; mis hermanos: Blanca y Raúl, Teresa, Leónidas y Beatriz; que siempre me dan estructura y seguridad en todos los momentos soñados y concretizados de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de ejecución de la tesis.

A la Universidad Nacional del Altiplano por haberme albergado entre sus aulas y laboratorios.

Al M.Sc. Higinio Zúñiga Sánchez, por su apoyo incondicional, con sus consejos y conocimientos en el área.

Al M.Sc. José David Velezvía Díaz, por su valioso aporte académico al presente trabajo.

Al M.Sc. Florentino Choquehuanca Cáceres, por su valioso aporte académico al presente trabajo.

Al M.Sc. Isaac Ticona Zuñiga, por su valioso aporte académico al presente trabajo.

A mi Familia: Cándida mi esposa y mis hijos Ricardo y Sulenka, por ser tolerantes, en todo el proceso que lleve en la investigación y culminación de la tesis.

A mis Padres: Gregorio y Lucila, Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mis hermanos: Blanca, Teresa, Leónidas y Beatriz, por su apoyo moral en especial a Blanca y su esposo Raúl, de quienes aprendí aciertos en momentos difíciles.

A todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son...

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:	3
1.2. OBJETIVOS:	5
1.2.1. Objetivo General:	5
1.2.2. Objetivos Específicos:	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Características generales del yacón.	6
2.2. Estructura general.	7
2.3. Características nutricionales y composición química.	8
2.4. Clasificación Taxonómica, variedades y producción de yacón.....	12
2.5. Producción de yacón	13
2.6. Carbohidratos Presentes en el yacón	14

2.7.	Caracterización de los carbohidratos presentes en el yacón	20
2.8.	Polimerización.	22
2.9.	Despolimerización.	23
2.10.	Pardeamiento enzimático y reacciones	24
2.11.	Cosecha postcosecha del yacón	26
2.12.	Almacenamiento y factores	26
2.13.	Factores Ambientales que influyen en el almacenamiento.....	27
2.14.	Evaluación de la calidad y estado de madurez de los productos hortofrutícolas.....	29

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1	Metodología para el trabajo experimental.	31
3.1.1	Variables Independientes:	32
3.1.2	Variables dependientes:	32
3.2	Métodos de análisis físico, químico y organoléptico.....	34
3.2.1	Para determinar la influencia de la despolimerización en las características generales de la raíz de yacón.	34
3.2.2	Para la selección de la temperatura de almacenamiento que permita una adecuada despolimerización de los FOS en la raíz de yacón	36
3.2.3	Para la selección de la Humedad relativa de almacenamiento que permita una adecuada despolimerización de los FOS en la raíz de yacón.....	36
3.2.4	Para determinar la influencia de la intensidad de luz sobre la polimerización de los FOS en la raíz de yacón	36
3.3	Diseño estadístico para determinar la influencia de la polimerización de FOS en las características generales de la raíz de yacón almacenada .	37
3.4	Material experimental	38
3.4.1	Materia Prima	38

3.4.2	Lugar de ejecución	38
3.4.3	Equipos e instrumentos	39
3.4.4	Materiales e Instrumentos:	40

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Resultados de determinación de la influencia de la despolimerización de los fructooligosacaridos en el cambio de las características generales de la raíz de yacón durante el Almacenamiento.....	41
4.1.1	Cambio en las características físicas de las raíces de yacón almacenados	41
4.1.1.1	PESO.....	42
4.1.1.2	CONTENIDO DE HUMEDAD	46
4.1.1.3	CONTENIDO DE SOLIDOS SOLUBLES °BRIX.....	50
4.1.2	Cambio en las características químicas de las raíces de yacón almacenados	55
4.1.2.1	VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE OLIGOSACÁRIDOS (Fructanos).....	55
4.1.2.2	CONTENIDO DE INULINA	60
4.1.2.3	CONTENIDO DE GLUCOSA	63
4.1.2.4	CONTENIDO DE FRUCTOSA.....	67
4.1.2.5	CONTENIDO DE SACAROSA	70
4.1.3	Análisis Sensorial de las raíces de yacón almacenados	75
4.2	Resultado de la selección de la temperatura, Humedad Relativa e incidencia de luz; como factores de almacenamiento que permita una despolimerización de los fructooligosacaridos de la Raíz de yacón almacenada.....	77
4.2.1	Análisis estadístico y optimización de los resultados del contenido de Oligosacáridos de la raíz de yacón almacenada.	78

4.2.2 Análisis estadístico y optimización de los resultados del contenido de Inulina de la raíz de yacón almacenada.	81
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	86
BIBLIOGRAFIA	87
ANEXOS	95

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Composición media de la raíz de yacón por 100 g. De porción comestible	11
2. Variedades de yacón (<i>polymnia sonchifolia</i>)	13
3. Producción de yacón en el departamento del Apurímac	14
4. Contenido medio de carbohidratos de la raíz tuberosa de yacón	18
5. Contenido de fructanos y otros carbohidratos solubles en agua.	19
6. Propiedades físicas de algunos carbohidratos presentes en el yacón	21
7. Estructura para el diseño experimental	31
8. Matriz de diseño para la influencia de la despolimerización de los FOS en el yacón almacenado	37
9. Resultados del peso de la raíz yacón almacenada.	42
10. Análisis de la varianza para peso, para observar cuales son los efectos más influyentes en la variación	45
11. Resultados del contenido de humedad de la raíz yacón almacenada.	46
12. Análisis de la varianza del contenido de humedad, para observar cuales son los efectos más influyentes en la variación.	49
13. Resultados del contenido de sólidos solubles (°Brix) de la raíz yacón almacenada	51
14. Análisis de la varianza del contenido de solidos solubles, para observar cuales son los efectos más influyentes en la variación	53
15. Resultados del contenido de oligosacáridos (fructanos) de la raíz yacón almacenada.	56
16. Análisis de la varianza del contenido de oligosacáridos (fructanos), para observar cuales son los efectos más influyentes en la variación	58
17. Resultados del contenido de inulina de la raíz yacón almacenada.	60
18. Análisis de la varianza del contenido de inulina, para observar cuales son los efectos más influyentes en la variación	63
19. Resultados del contenido de glucosa de la raíz yacón almacenada.	64
20. Análisis de la varianza del contenido de glucosa, para observar cuales son los efectos más influyentes en la variación	66
21. Resultados del contenido de fructosa de la raíz yacón almacenada.	67

22. Análisis de la varianza del contenido de fructosa, para observar cuales son los efectos más influyentes en la variación	70
23. Resultados del contenido de sacarosa de la raíz yacón.	71
24. Análisis de la varianza del contenido de sacarosa, para observar cuales son los efectos más influyentes en la variación	73
25. Resultados del análisis sensorial de la raíz yacón almacenada	76
26. Análisis de la varianza del contenido de oligosacáridos	79
27. Respuesta optimizada del contenido de Oligosacáridos	80
28. Análisis de la varianza del contenido de inulina	82
29. Respuesta optimizada del contenido de Inulina	83

ÍNDICE DE FIGURAS	Pág.
1. Formula estructurada de la inulina	17
2. Reacciones de polimerización	23
3. Reacción enzimática	25
4. Diagrama de flujo para la metodología experimental	33
5. Lugar de ejecución de la investigación (mapa satelital)	39
6. Variación del peso de la raíz de yacón almacenada, en las diferentes muestras.	43
7. Variación del contenido de humedad de la raíz de yacón almacenada, en las diferentes muestras	47
8. Variación del contenido de solidos solubles (°Brix) de la raíz de yacón almacenada, en las diferentes muestras	51
9. Variación del contenido de oligosacáridos (fructanos) de la raíz de yacón almacenada, en las diferentes muestras	56
10. Variación del contenido de inulina de la raíz de yacón almacenada, en las diferentes muestras.	61
11. Variación del contenido de glucosa de la raíz de yacón almacenada, en las diferentes muestras.	64
12. Variación del contenido de fructosa de la raíz de yacón almacenada, en las diferentes muestras.	68
13. Variación del contenido de sacarosa de la raíz de yacón almacenada, en las diferentes muestras.	71
14. Aceptación de las muestras de yacón en su análisis sensorial.	77
15. Superficie de respuesta estimada para maximizar los oligosacáridos	81
16. Superficie de respuesta estimada para maximizar el contenido de inulina	84

ÍNDICE DE ANEXOS	Pág.
1. Ficha para realizar la evaluación sensorial	96
2. Resultados del análisis sensorial	97
3. Análisis de Varianza para glucosa, fructosa, sacarosa	99
4. Certificado de análisis químico de la raíz de yacón	101
5. Fotos del trabajo experimental	102
6. Análisis de varianza de un solo factor, Peso	105
7. Análisis de varianza de un solo factor, Humedad	105
8. Análisis de varianza de un solo factor, Solidos solubles	106
9. Análisis de varianza de un solo factor, Oligosacáridos	107
10. Análisis de varianza de un solo factor, Inulina	107
11. Análisis de varianza de un solo factor, Glucosa	108
12. Análisis de varianza de un solo factor, Fructosa	109
13. Análisis de varianza de un solo factor, Sacarosa	109

RESUMEN

La investigación, fue realizado en los Laboratorios de Química y Procesos Agroindustriales de la Universidad Nacional José María Arguedas de la Ciudad de Andahuaylas – Apurímac; con el objetivo de determinar la influencia de la despolimerización de los fructooligosacaridos en el cambio de las características generales de la raíz de yacón durante el Almacenamiento, así mismo seleccionar la temperatura, humedad relativa e intensidad de luz que permita una despolimerización adecuada de los fructooligosacaridos de la Raíz de yacón almacenada. Se generó 08 condiciones diferentes de almacenamiento con 02 parámetros controlados cada uno, con temperatura (15°C y 25°C), humedad relativa (50 % y 70 %) e incidencia de luz (con y sin luz), por un periodo de 60 días. Se realizó controles cada 15 días, de las características físicas (peso, contenido de humedad y contenido de sólidos solubles), características químicas (Oligosacáridos, inulina, sacarosa, glucosa y fructosa). Los resultados fueron analizados mediante un arreglo factorial 2^3 , encontrándose una alta influencia en la despolimerización de los fructooligosacáridos provocado por la temperatura y en menor relevancia por la humedad relativa, avizorándose claramente el desdoblamiento de los oligosacáridos y la inulina en sacarosa, glucosa y fructosa. La muestra que mejor conservó los FOS, y presentó mejor característica general, resultó aquella que fue tratada con una temperatura de 15°C, humedad relativa del 70 % y con presencia de luz natural; concluyéndose que La despolimerización de los Fructooligosacridos presentes en el yacón influye en el cambio de sus características generales durante el almacenamiento.

Palabras Claves: almacenamiento, características, despolimerización, fructooligosacáridos, yacón.

ABSTRACT

The research was carried out in the Laboratories of Chemistry and Agroindustrial Processes of the National University Jose Maria Arguedas of the City of Andahuaylas - Apurimac; With the aim of determining the influence of the depolymerization of the fructooligosaccharides in the change of the general characteristics of the yacon root during storage, and selecty the temperature, relative humidity and intensity of light that may allow a suitable depolymerization of the fructooligosaccharides of The stored yacon root. Eight different storage conditions were generated with 02 parameters, each with temperature (15°C and 25°C), relative humidity (50% and 70%) and light incidence (with and without light), for a period of 60 days. Supervision of the physical characteristics (weight, moisture content and soluble solids content), and the chemical characteristics (oligosaccharides, inulin, sucrose, glucose and fructose) was conducted every 15 days. The results were analyzed by a factorial arrangement 2^3 , with a high influence on the depolymerization of the fructooligosaccharides caused by the temperature and in less relevance by the relative humidity, with clear visualization of the cleavage of oligosaccharides and inulin in sucrose, glucose and fructose. The sample that best preserved the FOS, and presented a better general characteristic, was the one that was treated with a temperature of 15°C, relative humidity of 70% and with the presence of natural ligh; It was concluded that the depolymerization of the fructooligosacrid present in the yacon influences the change of its general characteristics during storage.

Keywords: storage, characteristics, depolymerization, fructooligosaccharides, yacón.

INTRODUCCIÓN

Los productos agrícolas, después de cosechados, siguen vivos y están sujetos a cambios y deterioro.

La raíz de yacón tiene un alto contenido de Fructooligosacaridos (FOS) e Inulina (polímero de fructosa) los cuales no pueden ser hidrolizados por el organismo humano, estos atraviesan el tracto digestivo sin ser metabolizados, proporcionando calorías inferiores al de la sacarosa, excelentes para las dietas hipocalóricas y dietas para diabéticos. La inulina y los FOS, están considerados por la FDA (Food and Drugs Administration) como ingredientes alimenticios GRAS (Generally Recognized As Safe) o seguros para el consumo (Fernández & Jeri, 2003). Por otra parte, los FOS del Yacón tienen especiales propiedades físico-químicas, como su elevada capacidad de retención de agua, estabilidad a temperaturas altas y de refrigeración, así como en rangos de pH de 4 a 7; además de poseer cerca de un tercio del poder edulcorante de la sucrosa y de ser bajo en calorías, así como ser una alternativa al uso del azúcar comercial (sacarosa) y de productos similares, que hacen de los FOS unos compuestos de gran aplicabilidad tecnológica y nutricional (T. Asami, Kubota, Minamisawa, & Tsukihashi, 1989b; Cisneros & Zevallos, 2002; Roberfroid, 1993).

Hoy en día, la inulina y los FOS, están siendo incluidos en numerosos productos alimentarios humanos y animales, por su efecto positivo como prebiótico y estimulante del crecimiento de la flora intestinal no patógena. El efecto prebiótico, es tanto mayor cuanto menor sea el grado de polimerización. En concentraciones bajas las soluciones de inulina son viscosas, mientras que en concentraciones de 30%, pueden formar un gel consistente similar a los observados en alginatos,

carragenatos, etc. Las características del gel son dependientes de la temperatura, agitación, longitud de la cadena y concentración de inulina (Roberfroid, 1993).

Los usos industriales, en alimentación humana y nutrición de los fructooligosacaridos del yacón, abarcan la sustitución de grasas (mayonesas y quesos bajos en calorías), reducen el contenido calórico (sucedáneos de chocolate) y aumentan la retención del agua (pastelería, panificación y embutidos), así como evitan la formación de cristales (heladería) y en general, son útiles para modificar la textura o cremosidad de algunos alimentos. El Yacón, puede ser una excelente materia prima para la exportación de FOS e inulina, así como sus derivados (Fernández & Jeri, 2003).

Por lo antes dicho es importante realizar un estudio para determinar la influencia de la despolimerización de los Fructooligosacaridos en la estructura general de las raíces de yacón almacenadas.

Los resultados de la presente investigación nos permitirán demostrar el comportamiento y los cambios que sufre el producto durante el manejo post cosecha, tomando énfasis en el desdoblamiento o la despolimerización de los fructooligosacaridos de la raíz de yacón almacenadas, así como los parámetros o condiciones de almacenamiento (temperatura, humedad relativa e intensidad de luz). Datos que serán de mucha utilidad para los productores, comercializadores (exportación) diseñadores de almacenes y procesadores de la micro y pequeña agroindustria de la región y el país.

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:

Los alimentos por su composición química que presentan están propensos de sufrir cambios ocasionados por factores internos y externos; condiciones que deben ser controladas para garantizar la integridad y vida útil por el tiempo que transcurre desde la recolección, selección, almacenamiento, transporte hasta el consumo final.

Por otro lado las propiedades del yacón son atribuidas principalmente al contenido de Fructooligosacáridos (FOS), que después de la cosecha disminuye progresivamente mientras que los azúcares simples incrementan (despolimerización de los fructooligosacáridos), causando variaciones de las características generales de la raíz de yacón, manifestados con cambios en la estructura química, estructura física y organoléptica; convirtiéndolo muchas veces en producto no comestible, bajando su calidad comercial y alterando su vida útil. Así mismo las formas y condiciones de almacenamiento influyen considerablemente en la

despolimerización de los Fructooligosacaridos y por ende en la variación de las características generales de la raíz de yacón. Entre los factores que contribuyen a la despolimerización de los Fructooligosacaridos del yacón almacenado están: La temperatura de almacenamiento, la humedad relativa, la intensidad de luz natural, el nivel de oxígeno y CO₂, factores que en la actualidad no están parametrados y por lo tanto no garantizan la integridad de las características generales, la calidad comercial y la vida útil del producto en el tiempo que transcurre desde la cosecha, almacenamiento hasta el consumo final.

Así el yacón refleja poca expectativa por comercializadores y consumidores finales debido a que no cuenta con parámetros estandarizados de manejo pos cosecha y almacenamiento; que al ser consumidos tienen la probabilidad de ser rechazados u observados, además de atentar contra la salud, desde el punto de vista de inocuidad, es más, cabe indicar que no existen estudios específicos de almacenamiento que expliquen los cambios químicos, físicos y organolépticos que ocurren en el proceso de pos cosecha de la raíz de yacón. Motivos que nos permite plantear los siguientes interrogantes:

- ¿Influye la despolimerización de los fructooligosacaridos en las características generales de las raíces de yacón durante el almacenamiento?
- ¿Cuál es la temperatura de almacenamiento que manifiesta una adecuada despolimerización de los fructooligosacaridos que afecten en la característica general de la raíz de yacón?

- ¿Cuál es la humedad relativa en el cual se realiza una adecuada despolimerización de los Fructooligosacaridos y afecten en las características generales de las raíces de yacón almacenados?

- ¿En qué medida influye la intensidad de luz sobre el contenido de azúcares o la despolimerización de los fructooligosacaridos que afecten a las características generales de las raíces de yacón almacenadas?

1.2. OBJETIVOS:

1.2.1. Objetivo General:

Determinar la influencia de la despolimerización de los fructooligosacaridos en el cambio de las características generales de la raíz de yacón durante el Almacenamiento.

1.2.2. Objetivos Específicos:

- Seleccionar la temperatura de almacenamiento que permita una despolimerización adecuada de los fructooligosacaridos de la Raíz de yacón almacenada.
- Seleccionar la Humedad Relativa de almacenamiento que permita una adecuada despolimerización de los fructooligosacaridos de la Raíz de yacón.
- Determinar la influencia de la intensidad de luz (con luz natural y sin luz) sobre la despolimerización de los fructooligosacaridos de las raíces de yacón almacenados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Características generales del yacón.

El presente trabajo de investigación tiene como preocupación central Analizar el efecto de la despolimerización de los fructooligosacaridos en el cambio de las características generales de las raíces de yacón durante el almacenamiento. Al respecto Seminario and Valderrama (2003) indica que las propiedades del yacón han sido atribuidas a su contenido de fructooligosacaridos por lo que es importante conocer de qué manera la composición química de las raíces cambia en sus principales estados de desarrollo; Fukai (1997) en estudios sobre el tema indica que después de la cosecha ocurrirá una disminución progresiva de los fructooligosacaridos mientras que la de los azúcares simples (glucosa, fructuosa y sacarosa) se incrementará. Estos dos procesos la síntesis y la degradación de los fructooligosacaridos, están bajo control enzimático, cambios bioquímicos y condiciones de almacenamiento. Durante el almacenamiento las raíces de yacón son bastante susceptibles a la deshidratación cuando son

expuestos directamente al sol. Como consecuencia de la deshidratación, las raíces pierden peso y adquieren una apariencia rugosa que las hace menos atractivas para el consumidor, cambiando sus características generales, si las raíces no van a comercializar directamente después de la cosecha y se van a almacenar por un periodo corto de tiempo, es preferible hacer embalaje con las raíces sucias (con tierra). De esta manera la tierra adherida a las raíces puede ayudar a que la deshidratación sea más lenta y que se produzca menos daño (Fukai, 1993).

2.2. Estructura general.

Para conocimiento de la estructura general de las raíces de yacón es necesario conocer su característica física, química, nutricional y organoléptica que engloban identificar su calidad comercial. La raíz tuberosa producida por la planta tiene sabor similar a la de las frutas como el melón, con pulpa ligeramente amarillo, crujiente y acuosa (Manrique, Parraga, & Hermann, 2005; Valentová & Ulrichová, 2003). Cuando se cosechan, las raíces tienden presentar sabor amiláceo, por qué son expuestas al sol durante varios días después de la cosecha para aumentar su sabor dulce, técnica conocida como soleado (Graefe, Hermann, Manrique, Golombek, & Buerkert, 2004). Las raíces por lo general se comen crudas y peladas, la cáscara tiene sabor resinoso (Grau, Rea, & Heller, 1997). Otras formas de consumo incluyen la cocción al vapor en agua o freír. En los mercados sitios andinos, el yacón se clasifica como fruta y es expuesta junto con manzanas, aguacates y piñas, en lugar de

ser colocado con las patatas, tubérculos y raíces (Valentová & Ulrichová, 2003).

COUNCIL. (1989), indica que los tubérculos de yacón son fusiformes y pueden variar considerablemente en tamaño, forma y sabor, el color de su cáscara varía desde marrón oscuro al purpúreo opaco, incluso al naranja. Internamente el tubérculo se presenta como un cuerpo carnoso transparente. Los tubérculos generalmente pesan de 200 a 500 gramos pero pueden llegar a pesar 2 kilogramos. Así mismo Seminario and Valderrama (2003), Indica que por ahora en el mercado no existen un estándar oficial para clasificar las raíces de acuerdo a un calibre o tamaño. Con fines de estimar el tipo de raíces producidos y la proporción relativa en la cosecha, en Cajamarca se han clasificado las raíces en 03 categorías: Raíces de primera.- Son las más grandes, superan los 20 cm de largo, tiene entre 07 y 10 cm de diámetro mayor y un peso no menor de 300 g. Raíces de segunda.- Son las que tienen entre 12 a 20 cm de largo y 05 a 06 cm de diámetro con un peso que varía de 120 a 300 g. Raíces de tercera.- Consideradas no comerciales, su longitud es menor a los 12 cm, su diámetro mayor es menor a 05 cm y su peso es menor a 120 g.

2.3. Características nutricionales y composición química.

El yacón ha sido objeto de atención en décadas desde que proporciona compuestos bioactivo de importancia para la salud humana (Rivera & Manrique, 2005). Su composición es las sustancias principales de agua e hidratos de carbono, lo que se almacenan principalmente en la forma de

fructooligosacáridos (FOS) y otros azúcares libre. El porcentaje de agua de las raíces se encuentra alrededor de 83 a 90% del peso fresco. Debido al alto contenido de agua, el valor de energía de la raíz es baja (Lachman, 2004). Este factor también reduce su vida útil en condiciones ambientales -sobre 7 días- ya que los tejidos internos de raíces son muy delicados, característica que predisponen a sufrir grietas o estar roto fácilmente durante la cosecha, embalaje y transporte (Manrique et al., 2005).

El contenido de proteínas, lípidos, vitaminas y minerales de las raíces es bastante bajo (Seminario & Valderrama, 2003). El mineral más abundante es el potasio, que existe en cantidades significativas, y es en promedio 230 mg por 100 g en peso fresco comestible o de 1 a 2% en peso seco. En menor cantidad se encuentran el calcio, fósforo, magnesio, sodio, hierro, zinc, manganeso y cobre (Manrique et al., 2005). Algunas vitaminas encontradas son generalmente trazas en la composición excepto el ácido ascórbico. Entre ellos se encuentran: el retinol, caroteno, tiamina, riboflavina y niacina. Otro compuesto se informó triptófano, que existe en cantidades medias de $14,6 \pm 7,1 \mu\text{g g}^{-1}$ (Takenaka, 2003; Valentová & Ulrichová, 2003).

El yacón ha sido reportado como buena fuente de fenol oxidasa, que cataliza la oxidación de compuestos fenólicos a quinonas, después de la polimerización, tienen los pigmentos típicos, conocido oxidación enzimática de color marrón o negro en frutas y hortalizas (Valentová & Ulrichová, 2003). Según Butler and Rivera (2004), es importante tener en cuenta la sub-capas de la cáscara cuando se estudia el proceso de extracción yacón porque es esta parte de la raíz que se centran taninos y

polifenoles. Durante el procesamiento de pelado de yacón, células se rompen y las membranas, los polifenoles y los taninos son disponible para mezclar con otros componentes, enzimas especialmente citoplasmáticos, que causan un proceso conocido como oxidación enzimática, y la piel se vuelve rápidamente oscuro cuando se expone al aire (Valentová & Ulrichová, 2003). Esta oxidación se lleva a cabo en presencia de oxígeno libre, oscureciendo rápidamente la superficie de las raíces tuberosas de yacón, dañando su apariencia y sus productos. Desde el punto de vista práctico, el control del pardeamiento enzimático es generalmente limitada a la inhibición de la enzima porque la polifenol oxidasa y enzimas peroxidases son responsables de la reacción de pardeamiento (Cabello, 2005). Entre los métodos propuestos para prevenir la oxidación incluyen: deshidratación, el almacenamiento y tratamiento a baja temperatura de calor, utilizando antioxidantes, la eliminación de oxígeno desde el medio, entre otros (Lupetti, 2005).

En el Cuadro 1 se muestra la composición media de los componentes de la raíz de yacón, citados por diversos autores.

CUADRO 1

COMPOSICIÓN MEDIA DE LA RAÍZ DE YACÓN POR 100 g. DE PORCIÓN
COMESTIBLE

VARIABLE	CAPITO (2001)	QUINTEROS (2000)	NIETO (1991)	HERMAN N et al (1998)
Materia seca (g)	9.20	13.84	15.20	11.5
Proteína (g)	0.32	0.71	0.56	0.37
Lípidos (g)	0.08	0.03	0.02	0.02
CHOs totales (g)	s.d	s.d	s.d	1.06
Fructanos (g)	s.d	s.d	s.d	6.2
Glucosa libre (g)	s.d	s.d	s.d	0.34
Fructosa libre (g)	s.d	s.d	s.d	0.85
Sacarosa libre (g)	s.d	s.d	s.d	1.4
Fibra (g)	0.84	3.59	3.40	0.36
Cenizas (g)	0.41	s.d	0.53	0.50
Calcio (mg)	s.d	9.92	12.16	8.70
Cobre (mg)	s.d	s.d	0.001	s.d.
Fierro (mg)	s.d	s.d	0.015	s.d
Zing (mg)	s.d	s.d	0.059	s.d
Fósforo (mg)	s.d	12.28	20.00	24.00
Potasio (mg)	s.d	s.d	330	0.23
Sodio (mg)	s.d	s.d	1.50	s.d
Ac. Ascórbico (mg)	s.d	8.26	s.d	s.d
Energía (Kcal)	s.d	s.d	s.d	17.40

s.d. = sin determinar

Fuente: (Capito, 2001; Hermann, Freire, & Pazos, 1998; Nieto, 1991)

2.4. Clasificación Taxonómica, variedades y producción de yacón

Montaldo (1991), Indica que el yacón se ubica taxonómicamente de la siguiente manera:

SUPERREYNO : *Eucaryotes*

REINO : *Planta*

SUBREINO : *Embryophyta*

PHYLUM : *Tracheophyta*

SUPERCLASE : *Angiospermae*

CLASE : *Dicotyledonese*

ORDEN : *Asterales*

FAMILIA : *Compositae*

GENERO : *Polymnia*

ESPECIE : *Sonchifolia*

NOMBRE CIENTÍFICO : *Polymnia sonchifolia*

Según Meza (1995), en el Perú se conocen 05 variedades de Yacón, las que se describen en Cuadro 02.

CUADRO 2

VARIEDADES DE YACÓN (POLYMNIA SONCHÍFOLIA)

VARIETADES	COLOR DE PIEL	COLOR DE PULPA
<i>Qélla Llajum</i>	Crema	Amarillo
<i>Ch'ecche Llajum</i>	Crema	Amarillo
<i>Yurac ch'ecche</i>	Crema Oscuro	Blanco
<i>Yurac llajum</i>	Rosado	Blanco
<i>Culli Llajum</i>	Púrpura	Blanco

Fuente: Meza (1995)

2.5. Producción de yacón

En casi todos los departamentos del Perú se siembra yacón, siendo Amazonas, Cajamarca, Oxapampa, Huánuco y Puno los lugares con mayor área sembrada. En el Perú, el área estimada de siembra con fines comerciales en el 2012 fue de 600 Ha, manteniéndose en la actualidad. En Bolivia y Ecuador su cultivo es menor y se destina principalmente al autoconsumo. En Argentina se siembra sólo en las provincias nortenas de Jujuy y Salta. Fuera de los Andes, Brasil (Sao Paulo) y Japón (con 100 ha) son los países con mayor área de cultivo. En el Cuadro 03, se puede observar la producción de yacón en el departamento del Apurimac (MINAGRI, 2014).

CUADRO 3

PRODUCCIÓN DE YACÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL APURIMAC

Año	Producción (T.M.)
2000	188
2001	200
2001	250
2003	240
2004	220
2005	300
2006	252
2007	267
2008	282
2009	297
2010	312
2011	327
2012	342
2013	356
2014	371

Fuente: MINAGRI (2014)

2.6. Carbohidratos Presentes en el yacón

Con respecto a los hidratos de carbono, entre azúcares que se encuentran son monosacáridos fructosa y glucosa, y sacarosa y oligosacáridos fructooligosacáridos, y trazas de almidón y la inulina (Grau & Rea, 1997). Las raíces contienen entre 10 y 14% de materia seca, que se compone de aproximadamente el 90% de carbohidratos (Manrique & Párraga, 2005). La composición de azúcares varía significativamente debido a factores tales como la agricultura, la temporada, la cosecha, el tiempo y la

temperatura en postcosecha (Seminario & Valderrama, 2003). A diferencia de la mayoría de los tubérculos y raíces que almacenan los hidratos de carbono en forma de almidón, las raíces de yacón contienen esencialmente fructooligosacáridos (FOS), azúcares que no puede ser digeridos directamente por el cuerpo humano debido a la falta de enzimas necesarias para el metabolismo de estos elementos y se consideran compuestos bioactivos en los alimentos (Castillo Alfaro & Vidal Melgarejo, 2005). Hay una confusión de términos cuando se refiere al tipo predominante de hidratos de carbono en las raíces de yacón. En varios estudios en la literatura, se afirma que las raíces de yacón contienen inulina componente principal. Aunque muchas referencias científicas citando esta información, esto no es exacto, ya que estrictamente hablando, el yacón contiene sólo fructooligosacáridos. La diferencia entre FOS y la inulina es el número de moléculas de fructosa. En la inulina, este número varía entre 2 y 60, mientras que en los FOS el número oscila entre 2 y 10. Esto significa que FOS puede considerarse como un subgrupo inulina, por lo que algunos autores prefieren emplear el término fructooligosacáridos de tipo inulina al referirse con más exactitud a la naturaleza de estos azúcares (Seminario & Valderrama, 2003). Aunque la proporción de cada uno puede variar, el azúcar puede ser considerado sobre la base de la siguiente composición en seco de 40 a 70% de FOS, de 5 a 15% de sacarosa, 5 a 15% de fructosa y menos de 5% de glucosa (Manrique & Párraga, 2005).

Los fructanos son polímeros de fructosa relacionados, estructural y metabólicamente con la sacarosa. Consisten de series homólogas de

oligo y polisacáridos no reductores, cada uno conteniendo un residuo a más de fructosa que el miembro anterior de la serie, de forma que el fructano más simple es un trisacárido (Ribeiro, 1993). Los fructanos son oligo o polisacáridos, constituidos por una molécula de sacarosa, a los cuales se unen residuos de fructosa por enlaces glucosídicos beta(2-1) e beta(2-6), pudiendo ser lineales o ramificados (Capito, 2001).

Los fructanos pueden ser clasificados, de acuerdo con su estructura, en tres grupos: inulinas, levanos y graminanos que son basados respectivamente en su composición por: 1-cetosa, 6-cetosa y neocetosa.

En la Figura 1 se muestra la fórmula estructurada de la Inulina en comparación a otros carbohidratos similares.

Goto, Fukai, Hikida, Nanjo, and Hara (1995), demostró que los oligosacáridos presentes en el yacón presentan residuos de fructosa unidos por enlaces glucosídicos beta(2-1) con una unidad de sacarosa terminal y portando uno de tipo inulina.

Las raíces tuberosas de yacón presentan un elevado contenido de azúcares solubles (820 +/- 30 mg/g de materia seca), fructosa (589 +/- 38 mg/g de materia seca) y fructanos de bajo grado de polimerización (GP 3 a 10). Fueron encontradas muestras bajas de inulina (13,50 +/- 0,40 mg/g de materia seca), con grado de polimerización media, de 14,5 (Ohyama et al., 1990).

FIGURA 1

FÓRMULA ESTRUCTURADA DE LA INULINA

TIPO	ESTRUCTURA
<p>INULINA</p>	
<p>LEVANO</p>	
<p>GRAMINANO</p>	

Fuente: Ohyama T. (1990)

Estos resultados demuestran que el yacón pertenece al grupo de los vegetales que acumulan fructanos de bajo grado de polimerización

semejante a la cebolla y bulbos de tulipán que son diferenciados de inulina acumulada, con plantas como *Helianthus tuberosus* o *Dahlia*.

T. Asami, Kubota, Minamisawa, and Tsukihashi (1989a), observaron la fluctuación del contenido de fructanos en las raíces tuberosas de yacón durante su desenvolvimiento y almacenamiento. El grado medio de polimerización de estos fructanos aumento linealmente durante el desenvolvimiento, después de la cosecha disminuyo, en tanto los contenidos de fructosa, sacarosa y glucosa libres aumentaron.

En estudios de comportamiento de los carbohidratos de reserva en las raíces tuberosas de yacón, (Vilhena, 1997) observo una disminución en el contenido de fructanos de 101,3 mg/g en la raíz recién expuesta, a 84,31 mg/g al segundo día de exposición al sol, estabilizándose por este período. Esto se debe a degradación enzimática de estos compuestos lo que ocurre lo mismo cuando la raíz es almacenada a bajas temperaturas.

CUADRO 4

CONTENIDO MEDIO DE CARBOHIDRATOS DE LA RAÍZ TUBEROSA DE YACÓN

Componente	Capito (2001)	Quinteros (2000)	Vilhena (1997)	Hermann et al. (1998)
Fructosa (mg/g)	8.60	17.00	-	3.40
Glucosa (mg/g)	21.50	43.30	-	8.50
Sacarosa (mg/g)	7.22	9.80	-	14.00
Fructanos (mg/g)	24.40	32.10	101.30	62.00
Grado de Polimerización (GP)	4.59	2.70	-	3.90

Fuente: Hermann et al. (1998)

El grado de polimerización de los valores de fructosa, glucosa, sacarosa y fructanos en las raíces de yacón *in natura*, obtenidos por diferentes autores presentan grande variación conforme al Cuadro 04. Esta variación puede ser explicada por los diferentes tiempos de madurez fisiológica de la raíz y tiempo recorrido después de la cosecha.

La acumulación de fructanos puede ocurrir en órganos especializados de las plantas como raíces y tallos, mas no en las hojas . El Cuadro 5 presenta los valores medios de contenido de fructanos y otros carbohidratos solubles en agua en diferentes partes del yacón.

CUADRO 5

CONTENIDO MEDIO DE FRUCTANOS Y OTROS CARBOHIDRATOS
SOLUBLES EN AGUA

Componente	Tallo Superior	Tallo Inferior	Rizomas	Raíz Tuberosa	Raíz
Peso muestra fresca (g/planta)	33	40	63	189	91
Peso muestra seca (g/planta)	3	4	10	26	10
Fructosa ¹	24	54	32	31	27
Glucosa ¹	9	32	29	6	4
Sacarosa ¹	22	39	33	51	36
GF2 ¹	9	45	74	110	74
GF3 ¹	3	29	65	80	79
GF4 ¹	3	17	47	40	28

Dónde: ¹ en base seca (mg/g) GF2:1-cetosa; GF3: neocetosa GF4 - fructofuranosilneocetosa

Fuente: Fukai (1997) citado por .

2.7. Caracterización de los carbohidratos presentes en el yacón

Las estructuras de los fructanos pueden ser clasificadas en cuatro categorías:

Fructanos de enlaces beta(2-1) o inulinas, encontrados en tupinambo y tubérculos de dalia. Fructanos de enlaces beta(2-6) o fleanos presentes en algunos forrajes como *Phleum pratense* e *Festuca aundinaceae*. Fructanos altamente ramificados con enlaces $\beta(2-1)$ y $\beta(2-6)$. Oligómeros de fructanos presentes en otros forrajes como *Triticum aestivum* e *Hordeum vulgare*. Fructanos de la serie neocetosa de enlaces $\beta(2-1)$ como aquellos encontrados en *Asparagus* e *Allim* (Capito, 2001).

La molécula de inulina es un polímero lineal de fructosa con enlaces beta(2-1), cuya extremidad es una molécula de sacarosa. El grado de polimerización (GP) de la inulina puede variar de 3 hasta más de 60 unidades de monómeros. Los fructooligosacaridos (FOS) son una parte de la inulina, de los cuales el grado de polimerización es menor que 10, esta fracción es también llamada como oligofructosa (Capito, 2001).

La molécula de inulina puede ser representada por una fórmula simple G-F-(F) $_n$, donde G-F significa un grupo sucrosil y n el número de unidades de fructosa presente en la molécula Dysseler et al. (1999) citados por (Capito, 2001).

Los fructanos del tipo inulina y oligofructosa son ampliamente distribuidos en la naturaleza, presentes en cerca de 36 mil especies vegetales. Se estima que el consumo de FOS de fuentes naturales es de

aproximadamente 13,7 mg/kg/día o 806 mg/día (Candido & Campos, 1996).

La inulina presenta diversas propiedades físico-químicas que merecen destacarse. Son carbohidratos no reductores es por eso no participan en las reacciones de Mayllard. Los equivalentes de dextrosa (DE) de la inulina varían de 20 a 25 y su poder edulcorante corresponde de 30 a 65% de la sacarosa. Es moderadamente soluble en agua (10% a temperatura ambiente), siendo muy soluble a 50 a 60°C (Candido & Campos, 1996).

Las principales propiedades físicas de algunos carbohidratos presentes en el yacón están descritas en el Cuadro 6.

CUADRO 6

PROPIEDADES FÍSICAS DE ALGUNOS CARBOHIDRATOS PRESENTES EN
EL YACÓN

Descripción	Glucosa (G)	Fructosa (F)	Sacarosa (GF)	1-Cetosa (GF2)	Inulina (GF _n) ¹
Formula	C ₆ H ₁₂ O ₆	C ₆ H ₁₂ O ₆	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	C ₁₈ H ₃₂ O ₁₆	-
Peso molecular (g/mol)	180.2	180.2	342.3	504.4	"=5000
Solubilidad a 20°C en agua (g/100g)	9	80	20	-	-
Rotación óptica °S	122°-92°	-133.5° - 92°	66.5°	28.5°	-40°
Punto de fusión (°C)	-	105	185-187	200-205	-

Dónde: ¹corresponde a un fructano con GP =35, similar a *H.tuberosus*

Fuente: (Candido & Campos, 1996; Quinteros, 2000).

Los fructooligosacaridos presentan estabilidad térmica superior a la sacarosa, una variación de pH permite mostrar una mejora en los alimentos (pH 4 a 7); en tanto no pueden sufrir hidrólisis en soluciones acuosas de pH inferior a 3,5 (Quinteros, 2000).

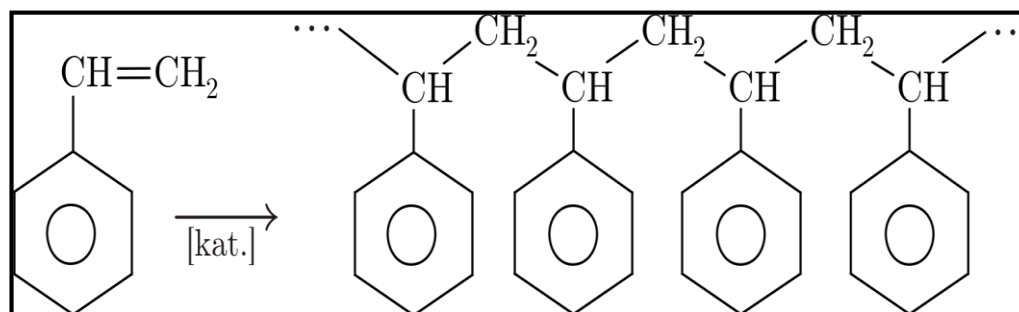
Hermann et al. (1998), demostraron que existe una alta correlación positiva entre los °Brix y el contenido de fructanos ($r = 0,84$) en materia seca ($r = 0,86$), sugiriendo que esta medida puede ser utilizada para la obtención de informaciones rápidas de esta importante variedad.

2.8. Polimerización.

Según Díaz (2002), Indica que la polimerización es un mecanismo por el cual las moléculas iguales se unen "n" veces, formando una gran molécula que se llama polímero. Como por ejemplo, el caso del glucógeno que se forma a partir de la glucosa – glucosa 6-P. y la UDP- glucosa. Así mismo indica que la Polimerización es un proceso químico por el que los reactivos, monómeros (compuestos de bajo peso molecular) se agrupan químicamente entre sí dando lugar a una molécula de gran peso, llamada polímero, bien una cadena lineal o una macromolécula tridimensional. Existen muchos tipos de polimerización y varios sistemas para categorizarlos. Las categorías principales son: Polimerización por adición o condensación y Polimerización "paso a paso" o de crecimiento, lo que se muestra en la Figura 2.

FIGURA 2

REACCIONES DE POLIMERIZACIÓN



Fuente: Díaz (2002)

2.9. Despolimerización.

Según Díaz (2002), La despolimerización es tanto la reacción contraria a la polimerización como un mecanismo alternativo a una reversión, pero que disminuye el peso molecular de los polímeros.

El proceso de despolimerización más común es el iniciado por radicales libres, los cuales inician una reacción en cadena, la cual afecta gravemente al polímero en cuestión en todas sus propiedades. Comúnmente es iniciado este mecanismo por influencia de radiación ultravioleta.

Existen aditivos que ayudan a eliminar estos mecanismos de forma temporal, para incrementar la vida útil de los polímeros, sin embargo, no se puede eliminar por completo. Los defensores de la ecología del plástico suelen referirse a este tipo de procesos como la degradación más importante de un plástico, el cual ante exposición al sol termina por destruirse.

Cuando un polímero se utiliza para exteriores, donde es expuesto a la intemperie, es necesario tener en cuenta qué resistencia tiene el mismo, con o sin aditivos, para establecer si es adecuado o no para esta función. Una forma sencilla de observar que un polímero ha sido altamente degradado o despolimerizado es el amarillamiento en conjunto con agrietamiento de la pieza y una aparente resequedad.

2.10. Pardeamiento enzimático y reacciones

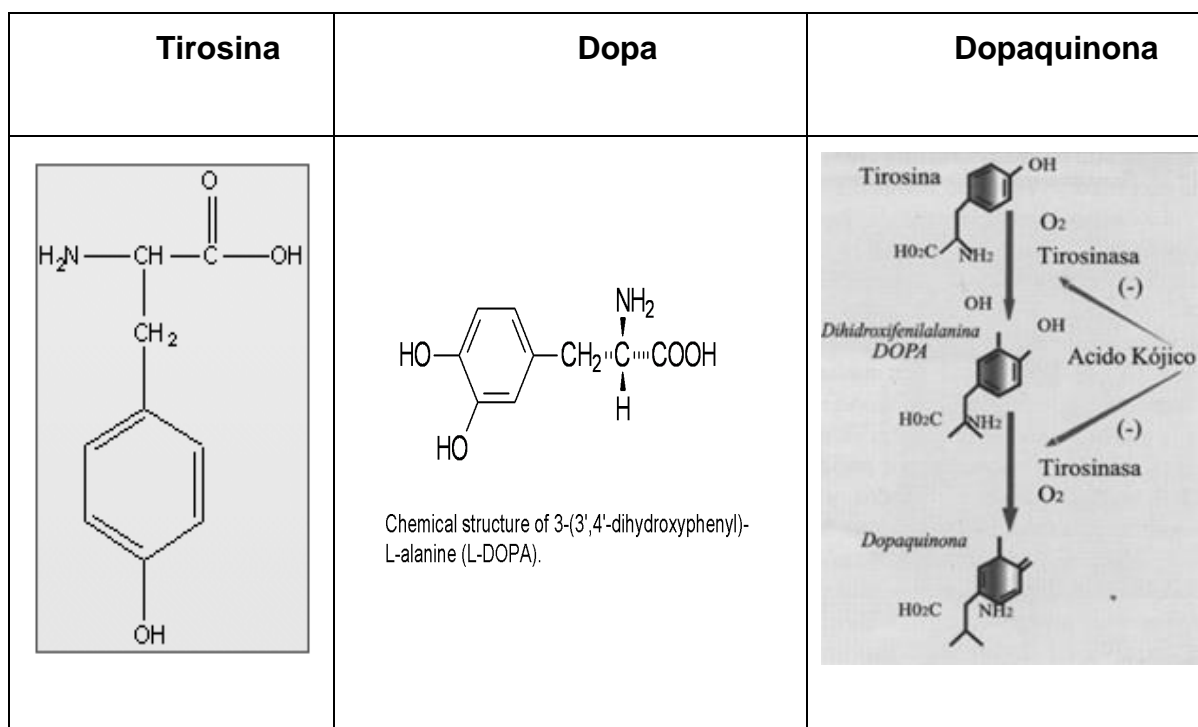
Según Calvo, Salvador, and Fiszman (2001), El pardeamiento enzimático es una reacción de oxidación en la que interviene como substrato el oxígeno molecular, catalizada por un tipo de enzimas que se puede encontrar en prácticamente todos los seres vivos. En el campo de los alimentos, el pardeamiento enzimático puede ser un problema muy serio en frutas, champiñones, patatas y otros vegetales, y también en algunos crustáceos, e incluso en la industria del vino, al producir alteraciones en el color que reducen el valor comercial de los productos, o incluso los hacen inaceptables para el consumidor. Estas pérdidas son muy importantes en el caso de las frutas tropicales y de los camarones, productos trascendentales para la economía de muchos países poco desarrollados.

Al respecto de las reacciones enzimáticas, Calvo et al. (2001), indica que el pardeamiento enzimático es un conjunto complejo de reacciones, que se inicia por la o las reacciones catalizadas de forma enzimática. La primera de ellas, cuando el sustrato presente es un monofenol, es su transformación en difenol. La segunda, la transformación del difenol en

quinona. En el caso de la tirosina (monofenol) se forma primeramente la dopa (difenol) y luego la dopaquinona (quinona). A partir de la formación de la quinona, la reacción progresa de forma espontánea. Las quinonas se pueden convertir en trifenoles por reacción con el agua, y posteriormente oxidarse a hidroxiquinonas. Todas estas sustancias son muy reactivas, dando lugar a polímeros y reaccionando con otras sustancias presentes en el alimento, especialmente proteínas. Los productos finales, llamados melaninas, son de color muy oscuro, o negro, e insolubles en agua. Estos polímeros tienen propiedades antimicrobianas, y podrían ser un mecanismo de defensa de los vegetales contra infecciones (Figura 3).

FIGURA 3

REACCIÓN ENZIMÁTICA



Fuente: Calvo (2008)

2.11. Cosecha postcosecha del yacón

El Centro Internacional de la Papa (CIP) (Diciembre 2004), indica que la planta debe ser cavada cuidadosamente para prevenir la rotura de los tubérculos. Estos son separados del tallo central, una vez que el suelo ha sido removido se extraen las raíces para ser almacenadas. Esta debe ponerse en la sombra y preferentemente en lugar seco para su conservación.

Con la cosecha de las raíces empieza un rápido proceso de conversión de los Oligofruktanos en azúcares simples. Después de una semana en almacenamiento a temperatura ambiente, el contenido de Oligofruktanos puede disminuir en un 30 a 40%. Así, con el fin de obtener productos con el mayor contenido posible de Oligofruktanos es necesario procesar las raíces inmediatamente después de la cosecha o refrigerarlas para disminuir la tasa de degradación. Por otro lado, la costumbre tradicional de solear (exponer al sol) las raíces por unos días para que se vuelvan más dulces, acelera el proceso de conversión de los Oligofruktanos en azúcares simples. Para evitar la degradación de los Oligofruktanos en el procesamiento, es preferible no exceder temperaturas superiores a 120°C (Manrique & Hermann, 2005).

2.12. Almacenamiento y factores

El lote a almacenar debe estar libre de daños o defectos y los recipientes que lo contengan deberán estar bien ventilados y ser lo suficientemente resistentes para soportar el apilado; En general, unas prácticas adecuadas de almacenamiento incluyen el control de la temperatura, de

la humedad relativa, de la circulación del aire y del espacio entre las cajas para una ventilación adecuada, así como evitar una mezcla de artículos incompatibles; Los productos que se almacenan juntos deberán tolerar la misma temperatura, humedad relativa y nivel de etileno en el ambiente de almacenamiento. Las mercancías con alta producción de etileno (tales como plátanos, manzanas y melones maduros) pueden estimular cambios fisiológicos en otras mercancías sensibles al etileno (como son la lechuga, pepinos, zanahorias, patatas (papas), boniatos (camotes) dando origen a cambios en color, aroma y textura; El almacenamiento subterráneo de las cosechas de cítricos es común en el sur de China, mientras que en el noroeste las manzanas se almacenan en cuevas (Liu, 1988). Ciertos productos, como cebollas y ajos, se conservan mejor en ambientes de baja humedad relativa. El curado de estas cosechas, que permite el secado de las capas exteriores de tejido antes del almacenamiento y manejo, las protegerá de posteriores pérdidas de agua.

2.13. Factores Ambientales que influyen en el almacenamiento.

Pólit (2008), indica que Los factores ambientales que más influencia tienen en la acción en los cambios de las características generales son: la temperatura, la humedad relativa, la composición de la atmósfera circundante, la presencia de etileno, y la luz. Manejando adecuadamente estos factores ambientales, e impidiendo daños mecánicos y la acción de microorganismos, podemos lograr productos de alta calidad y mayor tiempo de vida. Así, al bajar la temperatura, sin sobrepasar la temperatura crítica o el punto de congelación, se bajan los procesos de respiración, transpiración, producción de etileno y sensibilidad al mismo. Se retardan

también los procesos de maduración y senescencia, se disminuye la pérdida de peso, se disminuye la actividad microbiana y se mitiga el efecto de daños mecánicos. El control de temperatura puede favorecerse con edificios sombreados, con el pintado de los almacenes en color blanco o plateado que refleja los rayos del sol y con el uso de sistemas de rociado en el techo de los edificios para el enfriamiento por evaporación. La FAO (2002), recomienda la utilización de ferro cemento (ferroconcreto) para construir las unidades de almacenamiento en regiones tropicales, con paredes gruesas para proteger del calor exterior.

Al controlar la Humedad Relativa, su elevación disminuye la transpiración pero favorece el desarrollo de microorganismos, por lo que debe encontrarse un adecuado punto de equilibrio. La composición Atmosférica con la reducción de los niveles de oxígeno y la elevación del contenido de CO₂, sea intencional (uso de atmósferas controladas o modificadas, uso de empaque especiales) o no intencional (ventilación restringida), puede ser favorable por retardar los procesos metabólicos pero, si pasa de ciertos límites que dependen nuevamente de productos, variedades y formas de cultivo, pueden causar daño fisiológico y daños graves de sabor. La intensidad de luz puede causar decoloraciones en papas y otros productos. El geotropismo puede alterar la forma del producto como es el caso del espárrago, si no se lo almacena en posición vertical (Pólit, 2008).

2.14. Evaluación de la calidad y estado de madurez de los productos

hortofrutícolas

La evaluación de las características físicas y químicas de los productos hortofrutícolas parece ser una aproximación obvia para el problema de la determinación de la calidad de dichos productos, particularmente en vista de que éstas pueden ser relacionadas a menudo con la aceptación del producto. A continuación se enumeran algunas características útiles y prácticas para tal propósito.

FIRMEZA

A medida que el fruto madura se suaviza por la disolución de la lámina media de las paredes celulares. Esta suavización se puede estimar subjetivamente mediante la presión con el dedo pulgar, pero es más precisa y objetivamente posible dicha medición con un probador de presión o un penetrómetro, el cual proporciona una expresión numérica de la firmeza de la pulpa y la epidermis del fruto. Dos de los probadores de presión más comúnmente usados son el probador Magness-Taylor y uno más pequeño pero muy conveniente es el instrumento Effegi. Un probador más elaborado, capaz de realizar diversos tipos de mediciones de textura es la Máquina Probadora Universal Instron, es muy valiosa en investigación. En México también se han diseñado penetrómetros como el Probador Anzaldúa Morales (PAM) para realizar mediciones de firmeza fácilmente y a menor costo. Estos instrumentos no necesariamente dan el mismo valor numérico si se prueban en un mismo producto, aunque cada instrumento proporcionará un valor reproducible. Por lo tanto, es

necesario especificar el tipo de instrumento que se utilizó al reportar datos de firmeza o al intentar fijar valores estándar (Camelo, Food, & Nations, 2003)

SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES

Se puede medir directamente el contenido de azúcar por medios químicos, ya que el azúcar es a menudo el principal componente de los sólidos solubles, sin embargo, debe admitirse que también hay otros sólidos solubles como ácidos orgánicos y minerales. Es mucho más fácil y útil medir los sólidos solubles totales en el jugo extraído mediante un refractómetro o hidrómetro. En las especificaciones para el procesamiento de frutos se incluye un contenido mínimo de sólidos solubles totales. (Camelo et al., 2003)

pH

La medición del pH depende de la concentración de iones de hidrógeno libres y la capacidad de buffer del jugo extraído. Sin embargo, el pH es una medición conveniente, fácil de realizar con un potenciómetro no costoso y es muy ampliamente usado (Camelo et al., 2003).

ACIDEZ TITULABLE

La acidez titulable se determina fácilmente en una muestra de jugo extraído por titulación. La pérdida de acidez durante la maduración es rápida a menudo. La proporción azúcar, ácido o sólidos solubles totales-ácido se relaciona mucho mejor con la aceptabilidad del producto que el contenido de azúcar o acidez por separado (Camelo et al., 2003).

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1 Metodología para el trabajo experimental.

Para determinar la influencia de la despolimerización de los FOS en la raíz de yacón almacenada, se desarrolló el diseño experimental mostrado en el Cuadro 7:

CUADRO 7

ESTRUCTURA PARA EL DISEÑO EXPERIMENTAL

Temperatura	T°1 (15°C)				T°2 (25°C)			
Humedad Relativa	HR1 (50%)		HR2 (70%)		HR1 (50%)		HR2 (70%)	
Intensidad de Luz	SL	CL	SL	CL	SL	CL	SL	CL
Respuestas	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8

Leyenda: T°_i = Temperatura; HR_j = Humedad Relativa; CL = Cámara con Luz natural; SL = Cámara sin Luz; Y_{ijk} = Variable dependiente (Peso, °Brix, Inulina, FOS)

Las variables que corresponde a la presente investigación son:

3.1.1 Variables Independientes:

Temperatura de Almacenamiento (T°):

$T^{\circ}1$: 15°C

$T^{\circ}2$: 25°C

Humedad Relativa de Almacenamiento (HR):

HR1 : 50%

HR2 : 70%

Intensidad de Luz:

CL : CON LUZ

SL : SIN LUZ (OSCURO LAS 24 HORAS)

3.1.2 Variables dependientes:

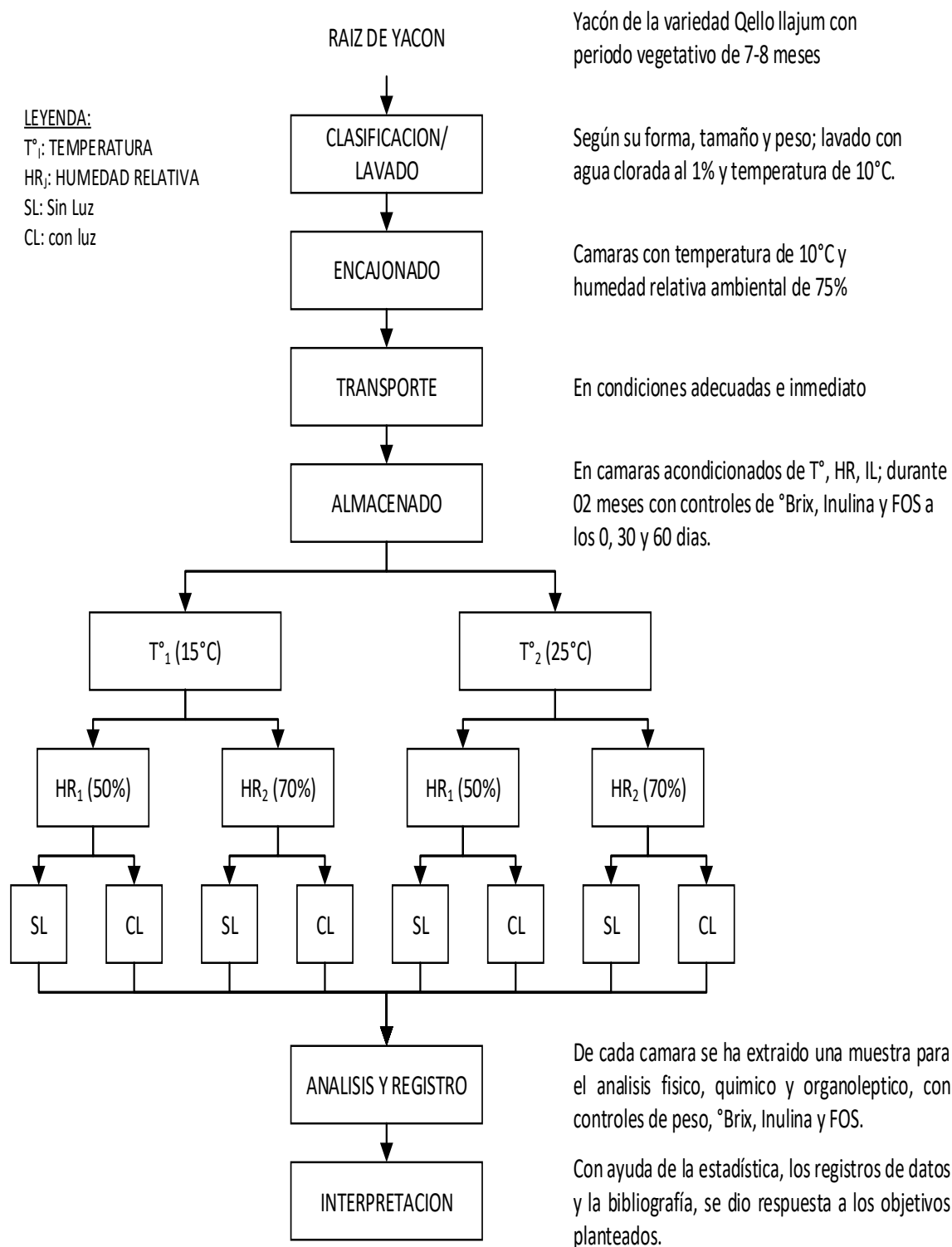
Estructura general de la raíz de yacón: Expresado en:

- **Características Físicas:** Peso, Contenido de humedad, °Brix.
- **Características químicas:** Concentración de azúcares (fructooligosacaridos, inulina, glucosa)
- **Características sensoriales** (Textura, Sabor, olor y color)

En función a las variables planteadas, el yacón cosechado siguió paso a paso el siguiente diagrama de flujo, que conlleva al diseño experimental, lo que se detalla en la Figura 4:

FIGURA 4

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA METODOLOGÍA EXPERIMENTAL



Fuente: Elaboración propia

3.2 Métodos de análisis físico, químico y organoléptico

3.2.1 Para determinar la influencia de la despolimerización en las características generales de la raíz de yacón.

Se tomó en consideración lo siguiente:

Análisis Físico:

Determinación de peso: Se siguió la metodología recomendada por la AOAC (1994), cada 15 días durante 02 meses.

Determinación de Humedad: Se siguió la metodología recomendada por la AOAC (1994), cada 15 días durante 02 meses.

Determinación de °Brix: Se realizó Medición directa con refractómetro, cada 15 días durante 02 meses.

Análisis Químico:

Determinación de oligosacáridos: Se realizó mediante la metodología recomendada por la AOAC (1994), al inicio y al final (0 días y 60 días) de almacenamiento.

Determinación de Inulina: Se realizó mediante metodología recomendada por la AOAC (1994), al inicio y al final (0 días y 60 días) de almacenamiento.

Determinación de Glucosa: Se realizó mediante la metodología recomendada por la AOAC (1994), al inicio y al final (0 días y 60 días) de almacenamiento.

Determinación de Fructuosa: Se realizó mediante la metodología recomendada por la AOAC (1994), al inicio y al final (0 días y 60 días) de almacenamiento.

Determinación de Sacarosa: Se realizó mediante la metodología recomendada por la AOAC (1994), al inicio y al final (0 días y 60 días) de almacenamiento.

Análisis Sensorial:

Se utilizó 10 panelistas o jueces semientrenados los que registraron los datos mediante una apreciación hedónica; el cual fue usado para medir a que nivel de placer se llegó y manifiesta al consumir un determinado alimento, lo que se determinó a partir de la apreciación de cómo agrada o desagrada este a una muestra poblacional de potenciales consumidores (Ureña P, 1999).

Se presentó a los jueces una escala adimensional de 05 apreciaciones (Anexo 1), la que hizo uso para manifestar la mayor o menor intensidad de un determinado atributo sensorial presente en cada muestra a categorizar. Los jueces recibieron muestras codificadas de forma simultánea. Los parámetros a ser analizados fueron Textura (Firmeza), color, olor y sabor.

3.2.2 Para la selección de la temperatura de almacenamiento que permita una adecuada despolimerización de los FOS en la raíz de yacón

Se realizó mediante el análisis y la interpretación estadística de los resultados obtenidos del análisis físico y químico, de acuerdo a la matriz de diseño (Cuadro 8), utilizándose para ello el Software (Statgraphics Centurion, 2009), que está diseñado para facilitar el análisis estadístico de datos y siguiendo el método ajustado en la matriz de diseño y citado por (Araujo & Gandur, 2008).

3.2.3 Para la selección de la Humedad relativa de almacenamiento que permita una adecuada despolimerización de los FOS en la raíz de yacón

Se realizó mediante el análisis y la interpretación estadística de los resultados obtenidos del análisis físico y químico, de acuerdo a la matriz de diseño (Cuadro 8), utilizándose para ello el Software (Statgraphics Centurion, 2009), que está diseñado para facilitar el análisis estadístico de datos y siguiendo el método ajustado en la matriz de diseño y citado por (Araujo & Gandur, 2008).

3.2.4 Para determinar la influencia de la intensidad de luz sobre la polimerización de los FOS en la raíz de yacón

Se realizó mediante el análisis y la interpretación estadística de los resultados obtenidos del análisis físico y químico, de acuerdo a la matriz de diseño (Cuadro 8), utilizándose para ello el Software

(Statgraphics Centurion, 2009), que está diseñado para facilitar el análisis estadístico de datos y siguiendo el método ajustado en la matriz de diseño y citado por (Araujo & Gandur, 2008).

3.3 Diseño estadístico para determinar la influencia de la polimerización de FOS en las características generales de la raíz de yacón almacenada

Para evaluar y determinar la implicancia de los factores en estudio, los datos fueron distribuidos bajo un arreglo factorial 2^3 , Teniendo 02 niveles y 3 factores de estudio, obteniéndose 08 tratamientos, los que fueron analizados mediante el software Statgraphics Centurion (2009) de acuerdo al arreglo factorial planteado.

El análisis estadístico corresponde a la matriz de diseño mostrado en el Cuadro 8:

CUADRO 8
MATRIZ DE DISEÑO PARA LA INFLUENCIA DE LA DESPOLIMERIZACIÓN DE LOS FOS EN EL YACÓN ALMACENADO

Experiencia	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Intensidad de luz	Y _i
I	-1	-1	-1	
A	+1	-1	-1	
B	-1	+1	-1	
Ab	+1	+1	-1	
C	-1	-1	+1	
AC	+1	-1	+1	
BC	-1	+1	+1	
ABC	+1	+1	+1	

Fuente: Elaboración propia

3.4 Material experimental

3.4.1 Materia Prima

La investigación se desarrolló con yacón de la variedad *Qéllo Ilajum*, cuya pulpa es de color amarillo, procedente de la Estación Experimental Chumbibamba del Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA - Andahuaylas.

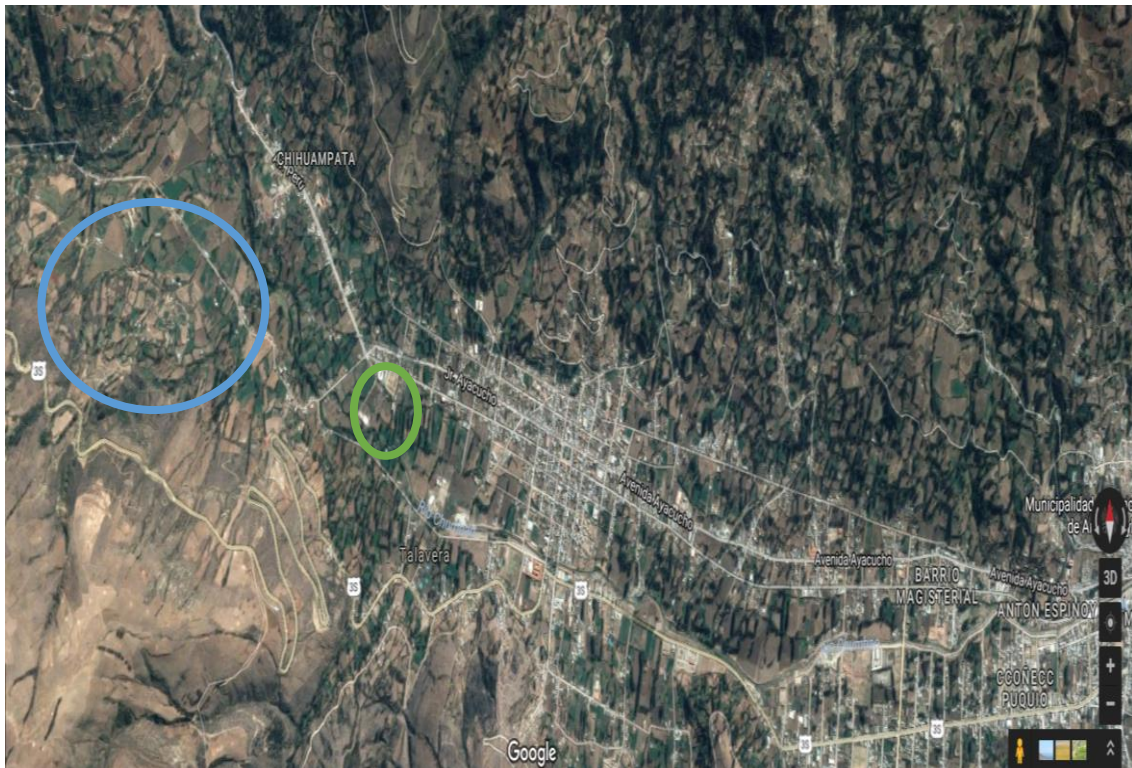
3.4.2 Lugar de ejecución

La investigación fue desarrollada en los laboratorios de química y procesos Agroindustriales, de la Universidad Nacional José María Arguedas, ubicados en el Distrito de Talavera de la Reyna, Provincia de Andahuaylas y Departamento de Apurímac, a 2815 msnm, Latitud 13°39'13" Sur y Longitud 73°25'40" Oeste. Según (Köppen y Geiger) Talavera tiene una temperatura media anual de 14.7°C y precipitación de 881 mm al año; el mes más caluroso es octubre con 16.2°C y el más frío es julio con 12.9°C.

En la Figura 5, se muestra la ubicación exacta (mapa satelital) del desarrollo de la investigación, que en términos generales se desarrolló con materia prima extraída del centro experimental INIA - CHUMBIBAMBA y la experimentación en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial perteneciente a la Universidad nacional José María Arguedas ubicada en el Distrito de Talavera de la Reyna, Provincia de Andahuaylas y Región de Apurímac.

FIGURA 5

LUGAR DE EJECUCION DE LA INVESTIGACIÓN (MAPA SATELITAL)



- Terreno del INIA-Chumbibamba-Talavera de la Reyna - Andahuaylas
- Terreno de la UNAJMA - EP. Ingeniería Agroindustrial.

Fuente: Google ((s.f.))

3.4.3 Equipos e instrumentos

Equipos:

- Cámaras de almacenamiento acondicionadas de acuerdo al diseño experimental, con temperatura, humedad relativa e incidencia de luz, controladas.
- Cabinas para análisis sensorial.

3.4.4 Materiales e Instrumentos:

- Termómetro digital (Hanus) -50°C a 200°C
- Balanza digital de precisión (ABS 200-4) Cap. 400g. Sensibilidad 0.001g
- Balanza electrónica digital (E-ACCUPA) Cap. máxima de 30 Kg., y mínima de 200 g.
- Refractómetro brixometro ATC: 0 a 80 brix OGROSANT Modelo: SBR0032
- Higrómetro Termómetro Lcd (Termometer) Digital con Sensor para Exteriores
- Estufa para determinación de humedad (MEMMERT/INB 40).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de determinación de la influencia de la despolimerización de los fructooligosacaridos en el cambio de las características generales de la raíz de yacón durante el Almacenamiento.

Para determinar la influencia de la despolimerización de los fructooligosacaridos en el cambio de las características generales de la raíz de yacón durante el Almacenamiento, se procedió a determinar y analizar los parámetros físicos, químicos y la preferencia sensorial, de 08 muestras de yacón almacenados bajo las condiciones de temperatura, humedad relativa y presencia de luz, planteadas en la metodología experimental; obteniéndose los siguientes resultados:

4.1.1 Cambio en las características físicas de las raíces de yacón almacenados

Para observar el cambio ocasionado en las características físicas de las raíces de yacón almacenado se determinaron y analizaron 03 parámetros: el peso, contenido de humedad y el contenido de sólidos solubles determinados en la raíz de yacón almacenado durante 02 meses. Observándose así la variación de cada característica, con controles cada 15 días detallándose a continuación:

4.1.1.1 PESO

En el Cuadro 9, se muestra la variación del **peso**, obtenido en cada muestra de yacón almacenado, determinados en cinco fechas diferentes, lo que conlleva a su variación o cambio del **peso** de cada raíz de yacón durante el almacenamiento.

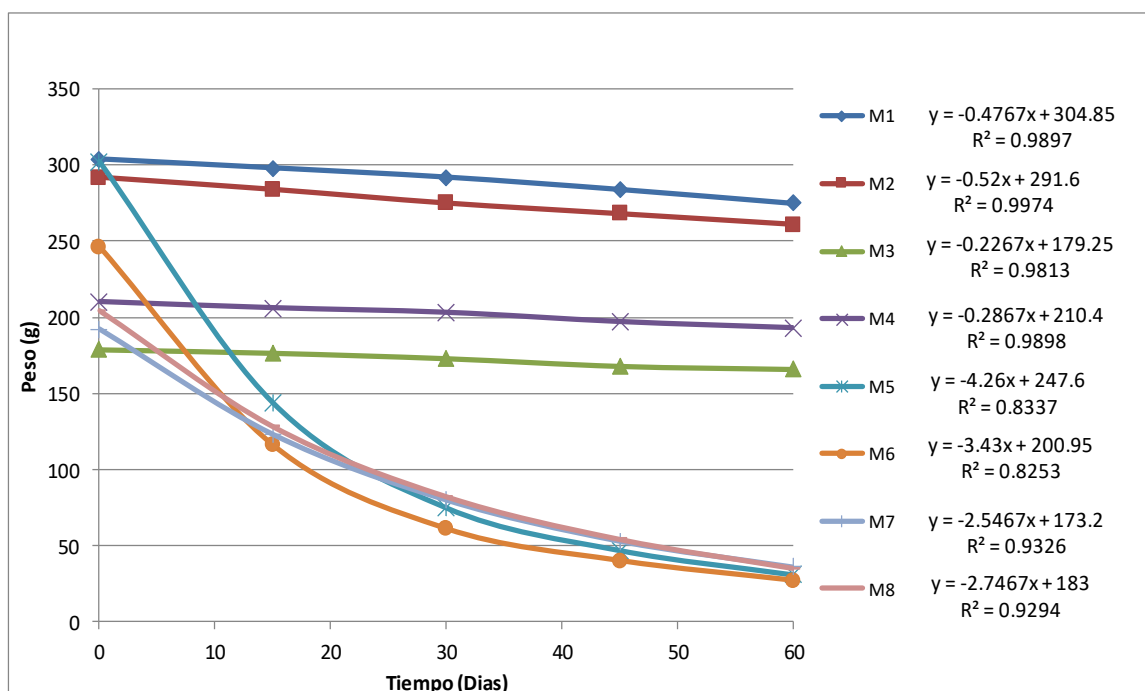
CUADRO 9

RESULTADOS DEL PESO DE LA RAÍZ YACÓN ALMACENADA

Temperatura		T°1 (15°C)				T°2 (25°C)			
Humedad Relativa		HR1 (50%)		HR2 (70%)		HR1 (50%)		HR2 (70%)	
Intensidad de Luz		SL	CL	SL	CL	SL	CL	SL	CL
	Día	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
PESO (g)	0	304	292	179	210	302	246	192	204
	15	298	284	177	206	144	116	123	128
	30	292	275	173	203	75	61	80	82
	45	284	268	168	197	47	40	53	54
	60	275	261	166	193	31	27	36	35
Pérdida de peso (g)		29	31	13	17	271	219	156	169
Porcentaje (%)		9.47	10.62	7.13	8.10	89.74	89.04	81.25	82.84

FIGURA 6

VARIACIÓN DEL PESO DE LA RAÍZ DE YACÓN ALMACENADA, EN LAS
DIFERENTES MUESTRAS.



De los resultados obtenidos observamos que durante el almacenamiento de las raíces de yacón, todas las muestras sufren una disminución en el peso; confirmandose con las pendientes negativas que indican cada una de las ecuaciones lineales de las 08 muestras (Figura 6).

Al realizar el análisis de varianza por factor en cada muestra (Cuadro 9) observamos que la muestra M3 presenta una varianza menor (Anexo 6), lo que indica que en este tratamiento la disminución del peso fue de 7,13% en los 60 días de almacenamiento, considerado menor en comparación a las demás muestras. Las condiciones de

Almacenamiento para este caso fueron Temperatura de 15°C, Humedad Relativa de 70% y sin luz. La Muestra M5 presenta la varianza mayor, lo que indica que en este tratamiento la disminución del peso fue de 89,74% en los 60 días de almacenamiento, considerado mayor en comparación a las demás muestras. Las condiciones de Almacenamiento para este caso fueron Temperatura de 25°C, Humedad Relativa de 50% y sin luz. El porcentaje de disminución del peso es similar al obtenido por (Hermann et al., 1998), quien desarrolla el almacenamiento de yacón durante 07 días a condiciones ambientales; por lo tanto, podemos afirmar que al almacenar raíces de yacón a la temperatura (25°C) considerada como alta, y humedad relativa baja (50%), la pérdida de peso es significativo llegando al 89,74%, en los 60 días.

El ANOVA (Cuadro 10) divide la variabilidad en peso en distintos segmentos separados para cada uno de los efectos. En este caso, 4 de los efectos tienen los p-valores inferiores a 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero al 95,0% de nivel de confianza. El estadístico R-cuadrado indica que el modelo así ajustado explica el 85,0567% de la variabilidad en peso.

CUADRO 10

ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA PESO, PARA OBSERVAR CUALES SON
LOS EFECTOS MAS INFLUYENTES EN SU VARIACIÓN

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	172791,0	1	172791,0	98,71	0,0000
B:Humedad	28249,2	1	28249,2	16,14	0,0004
C:Luz	7,225	1	7,225	0,00	0,9492
AB	18447,0	1	18447,0	10,54	0,0029
AC	664,225	1	664,225	0,38	0,5427
BC	3010,22	1	3010,22	1,72	0,2000
Bloques	65775,4	4	16443,8	9,39	0,0001
Error Total	50763,7	29	1750,47		
Total (corr.)	339708,0	39			

R-cuadrada = 85.0567 porciento

Del análisis estadístico obtenido, los efectos que influyen significativamente en la variación (disminución) del peso son la temperatura, La humedad relativa, la interacción temperatura-humedad relativa. Así como existe una diferencia significativa entre bloques esto porque los tratamientos son diferentes uno de otro, confirmando lo desarrollado por (Pólit, 2008) quien indica, que los factores ambientales que más influencia tienen en la acción de los

cambios en las características generales es decir el peso son: la temperatura, la humedad relativa, la composición de la atmósfera circundante, la presencia de etileno, y la luz.

4.1.1.2 CONTENIDO DE HUMEDAD

En el Cuadro 11, se muestra la variación del contenido de humedad obtenido en cada muestra de yacón almacenado, determinados en cinco fechas diferentes, lo que conlleva a su variación o cambio del **contenido de humedad** de cada raíz de yacón durante el almacenamiento.

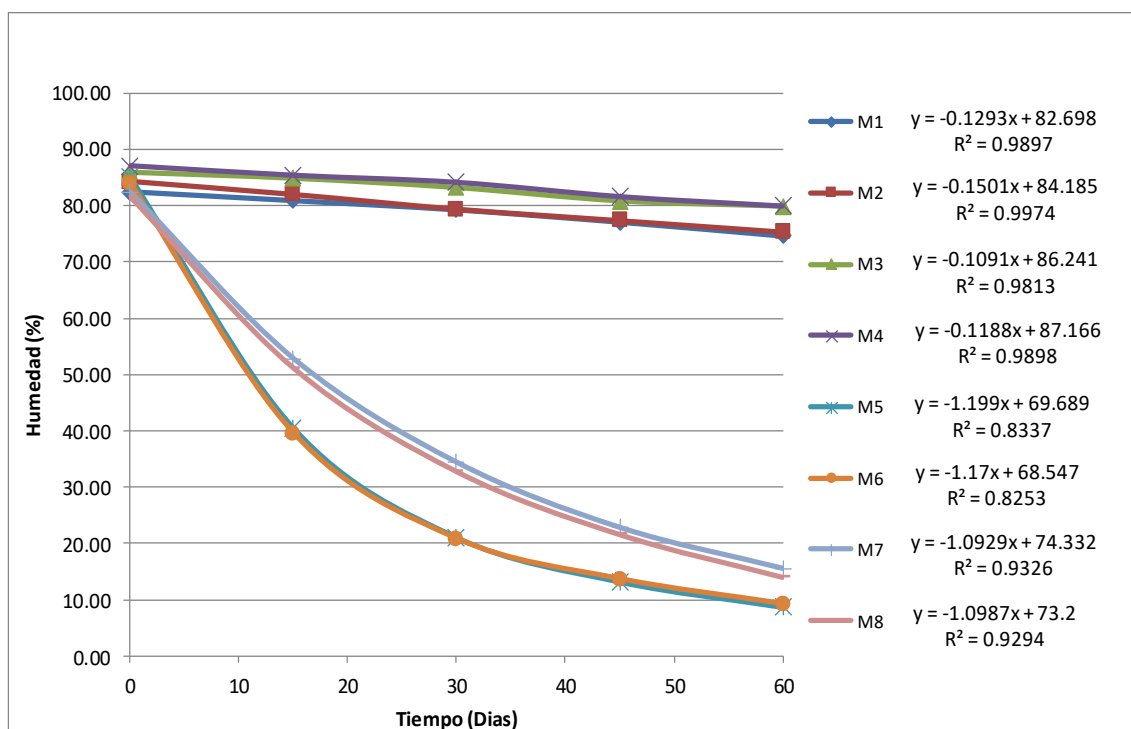
CUADRO 11

RESULTADOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA RAÍZ YACÓN ALMACENADA.

Temperatura		T ^m (15°C)				T ^o (25°C)			
Humedad Relativa		HR1 (50%)		HR2 (70%)		HR1 (50%)		HR2 (70%)	
Intensidad de Luz		SL	CL	SL	CL	SL	CL	SL	CL
	Día	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
HUMEDAD (%)	0	82.40	84.30	86.00	87.00	85.00	84.00	82.40	81.60
	15	80.84	81.99	84.92	85.34	40.53	39.57	52.79	51.20
	30	79.21	79.39	83.23	84.10	21.11	20.81	34.33	32.80
	45	77.04	77.37	80.83	81.61	13.23	13.64	22.75	21.60
	60	74.60	75.35	79.87	79.96	8.73	9.21	15.45	14.00
Pérdida de humedad (%)		8	9	6	7	76	75	67	68
Porcentaje (%)		9.47	10.62	7.13	8.10	89.74	89.04	81.25	82.84

FIGURA 7

VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA RAÍZ DE YACÓN ALMACENADA, EN LAS DIFERENTES MUESTRAS



De los resultados obtenidos en el contenido de humedad, observamos que durante el almacenamiento de las raíces de yacón, todas las muestras sufren una disminución en su contenido de humedad; confirmandose con las pendientes negativas que indican cada una de las ecuaciones lineales de las 08 muestras (Figura 7).

Al realizar el analisis de varianza por factor en cada muestra (Cuadro 11) observamos que la muestra M3 presenta una varianza menor (Anexo 7), lo que indica que en este tratamiento la disminución del contenido de humedad fue de 7,13% en los 60 dias de almacenamiento, considerado menor en comparacion a las demas

muestras, Las condiciones de Almacenamiento para este caso fueron Temperatura de 15°C, Humedad Relativa de 70% y sin luz. La Muestra M5 presenta la varianza mayor, lo que indica que en este tratamiento la disminucion del conenido de humedad fue de 89,74% en los 60 dias de almacenamiento, considerado mayor en comparacion a las demas muestras, Las condiciones de Almacenamiento para este caso fueron Temperatura de 25°C, Humedad Relativa de 50% y sin luz.

Podemos afirmar que al almacenar raices de yacón a la temperatura (25°C) considerada como alta, y humedad relativa baja (50%), la perdida de humedad es significativo llegando al 89,74%. Esta perdida es similar al del peso, lo que indica que existe un cambio significativo en la textura y apariencia general de la raiz de yacón, resultados que son similares a los obtenidos por (Hermann et al., 1998), quienes indican que las raíces se vuelven más edulcoradas debido a la deshidratación que implica una pérdida de aproximadamente el 40% de su peso, esto por la pérdida de humedad.

El ANOVA (Cuadro 12) divide la variabilidad del contenido de humedad en distintos segmentos separados para cada uno de los efectos. En este caso, 2 de los efectos tienen los p-valores inferiores a 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero al 95,0% de nivel de confianza. El estadístico R-cuadrado indica que el

modelo así ajustado explica el 83,2564% de la variabilidad en el contenido de humedad.

CUADRO 12

ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD, PARA OBSERVAR CUALES SON LOS EFECTOS MAS INFLUYENTES EN LA VARIACIÓN.

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	19386,4	1	19386,4	100,81	0,0000
B:Humedad	321,829	1	321,829	1,67	0,2060
C:Luz	0,00441	1	0,00441	0,00	0,9962
AB	26,765	1	26,765	0,14	0,7118
AC	5,89824	1	5,89824	0,03	0,8622
BC	0,99225	1	0,99225	0,01	0,9432
Bloques	7987,75	4	1996,94	10,38	0,0000
Error Total	5576,67	29	192,299		
Total (corr.)	33306,3	39			

R-cuadrada = 83.2564 porciento

El efecto que influye significativamente en la variación del contenido de humedad es la temperatura. Así como existe una diferencia significativa entre bloques esto porque los tratamientos son diferentes uno de otro; (Manrique & Hermann, 2005) indican que las temperaturas de refrigeración son útiles para reducir la tasa de

deterioro y la degeneración de las raíces de yacón durante el almacenamiento, así mismo (Seminario & Valderrama, 2003), explica que para evitar la perecibilidad del yacón, se debe almacenar con humedad atmosférica alta que disminuye la pérdida de peso y temperatura baja debido a que la elevación de la misma provee la descomposición del yacón.

4.1.1.3 CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES °BRIX

En el Cuadro 13, se muestra la variación del contenido de sólidos Solubles (°BRIX) obtenido en cada muestra del yacón, determinados en cinco fechas diferentes, lo que conlleva a su variación o cambio del contenido de sólidos Solubles (°BRIX) de cada raíz de yacón durante el almacenamiento.

De los resultados obtenidos en el contenido de sólidos solubles, observamos que durante el almacenamiento de las raíces de yacón (60 días), todas las muestras sufren un incremento de sólidos solubles (°Brix); confirmandose con las pendientes positivas que indican cada una de las ecuaciones lineales de las 08 muestras (Figura 8).

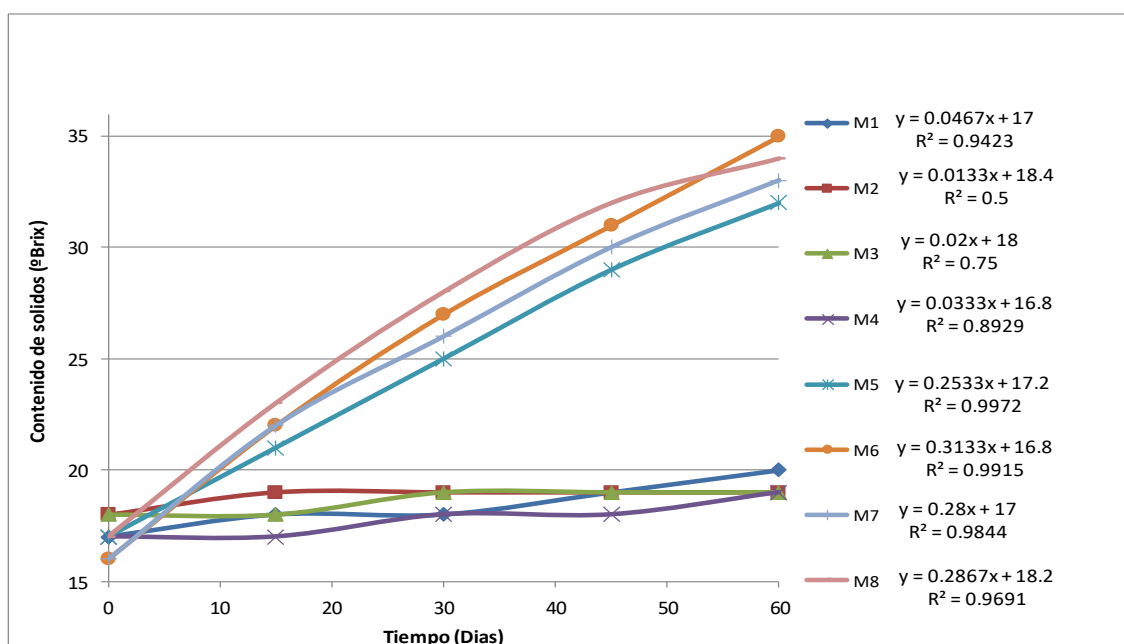
CUADRO 13

RESULTADOS DEL CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES (°BRIX) DE LA RAÍZ YACÓN ALMACENADA

Temperatura		T°1 (15°C)				T°2 (25°C)			
Humedad Relativa		HR1 (50%)		HR2 (70%)		HR1 (50%)		HR2 (70%)	
Intensidad de Luz		SL	CL	SL	CL	SL	CL	SL	CL
	Día	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
° BRIX	0	17	18	18	17	17	16	16	17
	15	18	19	18	17	21	22	22	23
	30	18	19	19	18	25	27	26	28
	45	19	19	19	18	29	31	30	32
	60	20	19	19	19	32	35	33	34
Solidos Solubles (° BRIX)		3	1	1	2	15	19	17	17
Porcentaje (%)		15.00	5.26	5.26	10.53	46.88	54.29	51.52	50.00

FIGURA 8

VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE SOLIDOS SOLUBLES (°BRIX) DE LA RAÍZ DE YACÓN ALMACENADA, EN LAS DIFERENTES MUESTRAS



Al realizar el análisis de varianza por factor en cada muestra (Cuadro 13) observamos que las muestras M2 y M3 presentan una varianza menor (Anexo 8), lo que indica que en estos tratamientos el incremento del contenido de sólidos fue de 1°Brix (5,26%) a los 60 días de almacenamiento, considerado menor en comparación a las demás muestras, Las condiciones de Almacenamiento para estos casos fueron Temperatura de 15°C, Humedad Relativa de 50% y con luz; Temperatura de 15°C, Humedad Relativa de 70% y sin luz, respectivamente.

La Muestra M6 presenta la varianza mayor, lo que indica que en este tratamiento el incremento de los sólidos solubles fue de 19°Brix (54,29%) a los 60 días de almacenamiento, considerado mayor en comparación a las demás muestras, Las condiciones de Almacenamiento para este caso fueron Temperatura de 25°C, Humedad Relativa de 50% y con luz.

Podemos afirmar que al almacenar raíces de yacón a la temperatura (25°C) considerada como alta, y humedad relativa baja (50%), y en presencia de luz, durante los 60 días, la variación de los sólidos solubles es significativo llegando a 19°Brix (54,29%). Haciendo variar su característica física. Llegando a confirmar lo indicado por (Mindani, 2008), los sólidos solubles pueden variar dependiendo de la entrada y tiempo transcurrido entre la recolección y el almacenamiento; similarmente se indica en los reportes de (Gutiérrez Vargas & Vaca Jerez, 2012); además (Seminario & Valderrama, 2003), indican que este efecto del incremento de los °Brix, se debe a la conversión de la oligofructosa en azúcares simples, proceso que se acelera como factor dependiente del tiempo de almacenamiento.

CUADRO 14

ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES,
PARA OBSERVAR CUALES SON LOS EFECTOS MAS INFLUYENTES EN LA
VARIACIÓN

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	547,6	1	547,6	51,79	0,0000
B:Humedad	0,1	1	0,1	0,01	0,9232
C:Luz	3,6	1	3,6	0,34	0,5641
AB	2,5	1	2,5	0,24	0,6305
AC	6,4	1	6,4	0,61	0,4429
BC	0,9	1	0,9	0,09	0,7726
Bloques	441,85	4	110,463	10,45	0,0000
Error Total	306,65	29	10,5741		
Total (corr.)	1309,6	39			

R-cuadrada = 76.5845 porciento

El ANOVA del contenido de sólidos solubles (Cuadro 14) divide la variabilidad en Sólidos solubles en distintos segmentos separados para cada uno de los efectos. En este caso, 2 de los efectos tienen los p-valores inferiores a 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero al 95,0% de nivel de confianza. El estadístico R-cuadrado indica que el modelo así ajustado explica el 76,5845% de la variabilidad en Sólidos solubles.

El efecto que influye significativamente en la variación del contenido de Sólidos solubles es la temperatura. Así como existe una diferencia significativa entre bloques esto porque los tratamientos son diferentes uno de otro.

De los tres parámetros analizados en las características físicas del yacón, existe una disminución significativa del peso y contenido de humedad, y un incremento del contenido de sólidos solubles, influenciados tanto por la temperatura así como la humedad relativa del medio y la presencia de luz. Confirmando lo reportado por (Seminario & Valderrama, 2003), donde indican que, en la raíz de yacón se provoca deshidratación y variación en el contenido de sólidos siendo la raíz más dulce; así mismo (Manrique et al., 2005), indican que, como consecuencia de la deshidratación, las raíces pierden peso y adquieren una apariencia rugosa que las hace menos atractivas para el consumidor. Lo más recomendable para evitar una deshidratación rápida es cosechar las raíces y ponerlas inmediatamente en un lugar fresco y con sombra. Si las raíces no se van a comercializar directamente después de la cosecha y se van a almacenar por un período corto de tiempo, es preferible hacer el embalaje con las raíces sucias (con tierra). De esta manera, la tierra adherida a las raíces puede ayudar a que la deshidratación sea más lenta y a que se produzca un menor daño en la cáscara de las raíces durante el transporte.

(Seminario & Valderrama, 2003) Menciona que probablemente las raíces se vuelven más dulces porque se deshidratan (pierden alrededor del 40% de su peso fresco) y porque una parte importante de los FOS se convierten

en azúcares simples. Esto sugiere que para obtener el máximo beneficio de los FOS, la mejor forma de consumir yacón sería en forma fresca.

4.1.2 Cambio en las características químicas de las raíces de yacón almacenados

Para observar la variación en las características químicas que implican la despolimerización de los Fructooligosacaridos, se determinaron y analizaron; el contenido de: oligosacáridos (fructanos), inulina; la glucosa, fructosa y sacarosa como resultados de la despolimerización de los fructanos e inulina. Con controles al inicio y final de almacenamiento. Resultados que se detallan a continuación:

4.1.2.1 VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE OLIGOSACÁRIDOS (Fructanos)

En el Cuadro 15, se muestra el **contenido de oligosacáridos (Fructanos)** obtenido en cada muestra de yacón, determinados al inicio y final del almacenamiento, lo que conlleva a su variación o cambio del **contenido de oligosacáridos (Fructanos)** de cada raíz de yacón durante el almacenamiento.

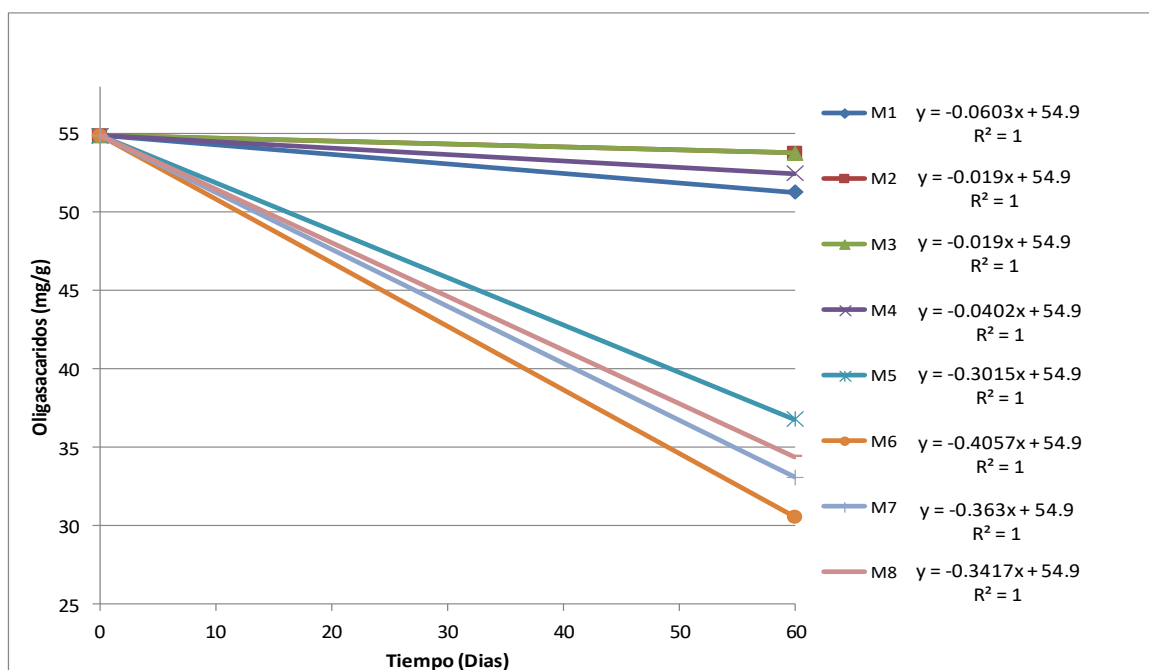
CUADRO 15

RESULTADOS DEL CONTENIDO DE OLIGOSACARIDOS (FRUCTANOS) DE LA RAÍZ YACÓN ALMACENADA.

Temperatura		T°1 (15°C)				T°2 (25°C)			
Humedad Relativa		HR1 (50%)		HR2 (70%)		HR1 (50%)		HR2 (70%)	
Intensidad de Luz		SL	CL	SL	CL	SL	CL	SL	CL
	Día	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
OLIGOSACARIDOS (mg/g)	0	54.90	54.90	54.90	54.90	54.90	54.90	54.90	54.90
	60	51.28	53.76	53.76	52.49	36.81	30.56	33.12	34.40
Variación (mg/g)		3.62	1.14	1.14	2.41	18.09	24.34	21.78	20.50
Variación (%)		6.59	2.07	2.07	4.39	32.95	44.34	39.67	37.34

FIGURA 9

VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE OLIGOSACÁRIDOS (FRUCTANOS) DE LA RAÍZ DE YACÓN ALMACENADA, EN LAS DIFERENTES MUESTRAS



De los resultados obtenidos en el contenido de Oligosacaridos, observamos que durante el almacenamiento de las raices de yacón, todas las muestras sufren una disminucion en su contenido de Oligosacaridos; confirmandose con las pendientes negativas que indican cada una de las ecuaciones lineales de las 08 muestras (Figura 9).

Al realizar el analisis de varianza por factor en cada muestra (Cuadro 15) observamos que las muestras M2 y M3 presentan una varianza menor (Anexo 9), lo que indica que en estos tratamientos la disminucion del contenido de Oligosacaridos fue de 1,14 mg/g en los 60 dias de almacenamiento, representando una variacion de 2.07%, considerado menor en comparacion a las demas muestras, Las condiciones de Almacenamiento para estos casos fueron: Temperatura de 15°C (para ambos), Humedad Relativa de 50 y 70%, con luz y sin luz Respectivamente.

La Muestra M6 presenta la varianza mayor, lo que indica que en este tratamiento la variacion de fructooligosacaridos fue de 23,34 mg/g, a los 60 dias de almacenamiento, representando una variacion porcentual de 44.34%, considerado mayor en comparacion a las demas muestras, Las condiciones de Almacenamiento para este caso fueron Temperatura de 25°C, Humedad Relativa de 50% y con luz.

CUADRO 16

ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL CONTENIDO DE OLIGOSACARIDOS
(FRUCTANOS), PARA OBSERVAR CUALES SON LOS EFECTOS MAS
INFLUYENTES EN LA VARIACIÓN

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	364.8100	1	364.8100	7.58	0.0249
B:Humedad Relativa	0.1156	1	0.1156	0.00	0.9621
C:Luz	0.8836	1	0.8836	0.02	0.8956
AB	0.0702	1	0.0702	0.00	0.9705
AC	2.3870	1	2.3870	0.05	0.8294
BC	0.8930	1	0.8930	0.02	0.8950
bloques	540.7950	1	540.7950	11.24	0.0101
Error total	385.0640	8	48.1330		
Total (corr.)	1295.0200	15			

R-cuadrada = 70.2657 por ciento

El ANOVA del contenido de Oligosacaridos (Cuadro 16) divide la variabilidad en Oligosacaridos (fructanos) en distintos segmentos separados para cada uno de los efectos. En este caso, 2 de los efectos tienen los p-valores inferiores a 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero al 95,0% de nivel de confianza. El estadístico R-cuadrado indica que el modelo así ajustado explica el 70,2657% de la variabilidad en Oligosacaridos (Fructanos).

El efecto que influye significativamente en la variación del contenido de Oligosacaridos (fructanos) es la temperatura. Así como existe una diferencia significativa entre bloques esto porque los tratamientos son diferentes uno de otro.

Similares resultados obtiene (Santana & Cardoso, 2008; Seminario & Valderrama, 2003; Wei, Hara, Yamauchi, Ueno, & Kato, 1991), demostrado que poco después de iniciada la cosecha, en las raíces se inicia un rápido proceso de cambio en la composición química de sus azúcares: Los azúcares polimerizados tienden a despolimerizarse, es decir, los FOS son hidrolizados a azúcares por la simple acción de la hidrolasa fructano (FH) que lo convierte en fructosa, sacarosa y glucosa. Entonces, la invertasa rompe la molécula de sacarosa resultando glucosa y fructosa libre

Así mismo, (Graefe et al., 2004; Manrique & Hermann, 2005; Santana & Cardoso, 2008). Indican que después de una semana de almacenamiento a temperatura ambiente, del 30 al 40% de los FOS serán convertidos en azúcares simples. Sin embargo, la velocidad de esta conversión es más lenta si el yacón se almacena a temperaturas de refrigeración. Entonces podemos afirmar que al almacenar raíces de yacón a la temperatura (25°C) considerada como alta, y humedad relativa baja (50%), la pérdida de oligosacaridos es significativo llegando a 23,34 mg/g (44.34%) en 60 días de almacenamiento; así mismo a condiciones Temperatura de 15°C considerada como baja, Humedad Relativa de 50 y 70%, con luz y sin luz Respectivamente, la disminución de los oligosacaridos es lenta llegando a 2.07% en 60 días.

4.1.2.2 CONTENIDO DE INULINA

En el Cuadro 17, se muestra el **contenido de inulina** obtenido en cada muestra del yacón, determinados al inicio y final del almacenamiento, lo que conlleva a su variación o cambio del **contenido de inulina** de cada raíz de yacón durante el almacenamiento.

CUADRO 17

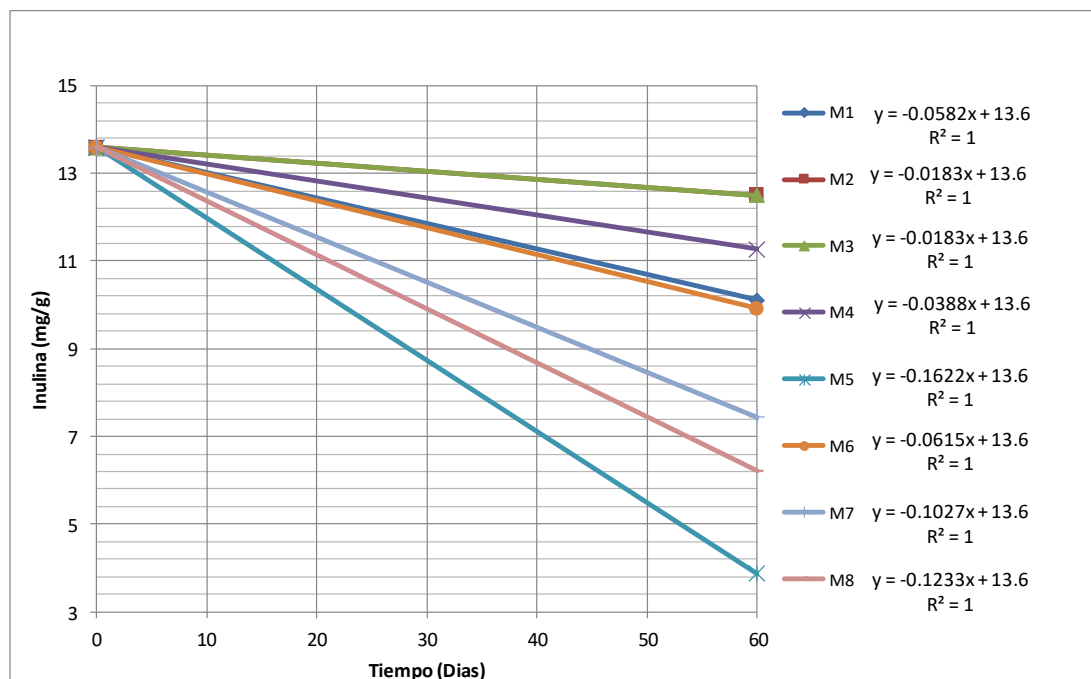
RESULTADOS DEL CONTENIDO DE INULINA DE LA RAÍZ YACÓN
ALMACENADA.

Temperatura		T°1 (15°C)				T°2 (25°C)			
Humedad Relativa		HR1 (50%)		HR2 (70%)		HR1 (50%)		HR2 (70%)	
Intensidad de Luz		SL	CL	SL	CL	SL	CL	SL	CL
	Día	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
INULINA (mg/g)	0	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60
	60	10.11	12.50	12.50	11.27	3.87	9.91	7.44	6.20
Variacion (mg/g)		3.49	1.10	1.10	2.33	9.73	3.69	6.16	7.40
Variacion (%)		25.69	8.09	8.09	17.13	71.54	27.13	45.29	54.41

De los resultados obtenidos en el contenido de Inulina, observamos que durante el almacenamiento de las raíces de yacón, todas las muestras sufren una disminución en su contenido de Inulina; confirmándose con las pendientes negativas que indican cada una de las ecuaciones lineales de las 08 muestras (Figura 10).

FIGURA 10

VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE INULINA DE LA RAÍZ DE YACÓN
ALMACENADA, EN LAS DIFERENTES MUESTRAS



Al realizar el análisis de varianza por factor en cada muestra (Cuadro 17) observamos que las muestras M2 y M3 presentan una varianza menor (Anexo 10), lo que indica que en estos tratamientos la disminución del contenido de Inulina fue de 1,10 mg/g en los 60 días de almacenamiento representando el 8.09% de disminución, considerado menor en comparación a las demás muestras, Las condiciones de Almacenamiento para estos casos fueron: Temperatura de 15°C (para ambos), Humedad Relativa de 50 y 70%, con luz y sin luz Respectivamente.

La muestra M5 presenta una disminución mayor en su contenido de inulina, lo que indica que en este tratamiento la variación de Inulina fue de 9,73 mg/g, representando el 71.54% de disminución de inulina a los 60 días de

almacenamiento, considerado mayor en comparación a las demás muestras, Las condiciones de Almacenamiento para este caso fueron Temperatura de 25°C, Humedad Relativa de 50% y sin luz; Valores similares fueron encontrados por (T Asami et al., 1991) quien indica que el contenido de inulina disminuyo gradualmente hasta un 45% durante 02 semanas de almacenamiento a 25°C. así mismo, (Chasquibol et al., 2002; Seminario & Valderrama, 2003). Indica que contenido de OF después de una semana en almacenamiento a temperatura ambiente puede disminuir en un 30 a 40%.

Podemos afirmar que al almacenar raíces de yacón a la temperatura (25°C) considerada como alta, y humedad relativa baja (50%), la perdida de inulina es significativo llegando a 9,73 mg/g (71.54%) en 60 días de almacenamiento, por el contrario al almacenar a temperaturas considerada como baja y humedades 50 y 70%, la variacion de la inulina no es significativa, lo que conllevaria a una durabilidad del producto.

El ANOVA del contenido de Inulina (Cuadro 18) divide la variabilidad en Inulina en distintos segmentos separados para cada uno de los efectos. En este caso, 2 de los efectos tienen los p-valores inferiores a 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero al 95,0% de nivel de confianza. El estadístico R-cuadrado indica que el modelo así ajustado explica el 75.9182% de la variabilidad en Inulina.

CUADRO 18

ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL CONTENIDO DE INULINA, PARA
OBSERVAR CUALES SON LOS EFECTOS MAS INFLUYENTES EN LA
VARIACIÓN

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	22.4676	1	22.4676	5.17	0.0526
B:Humedad Relativa	0.0650	1	0.0650	0.01	0.9057
C:Luz	2.2201	1	2.2201	0.51	0.4952
AB	0.1056	1	0.1056	0.02	0.8800
AC	0.8281	1	0.8281	0.19	0.6741
BC	7.4256	1	7.4256	1.71	0.2276
bloques	76.5625	1	76.5625	17.61	0.0030
Error total	34.7865	8	4.3483		
Total (corr.)	144.4610	15			

R-cuadrada = 75.9198 porciento

El efecto que influye significativamente en la variación del contenido de Inulina es la temperatura. Así como existe una diferencia significativa entre bloques esto porque los tratamientos son diferentes uno de otro.

4.1.2.3 CONTENIDO DE GLUCOSA

En el Cuadro 19, se muestra el **contenido de glucosa** obtenido en cada muestra del yacón, determinados al inicio y final del almacenamiento, lo que conlleva a su variación o cambio del **contenido de glucosa** de cada raíz de yacón durante el almacenamiento.

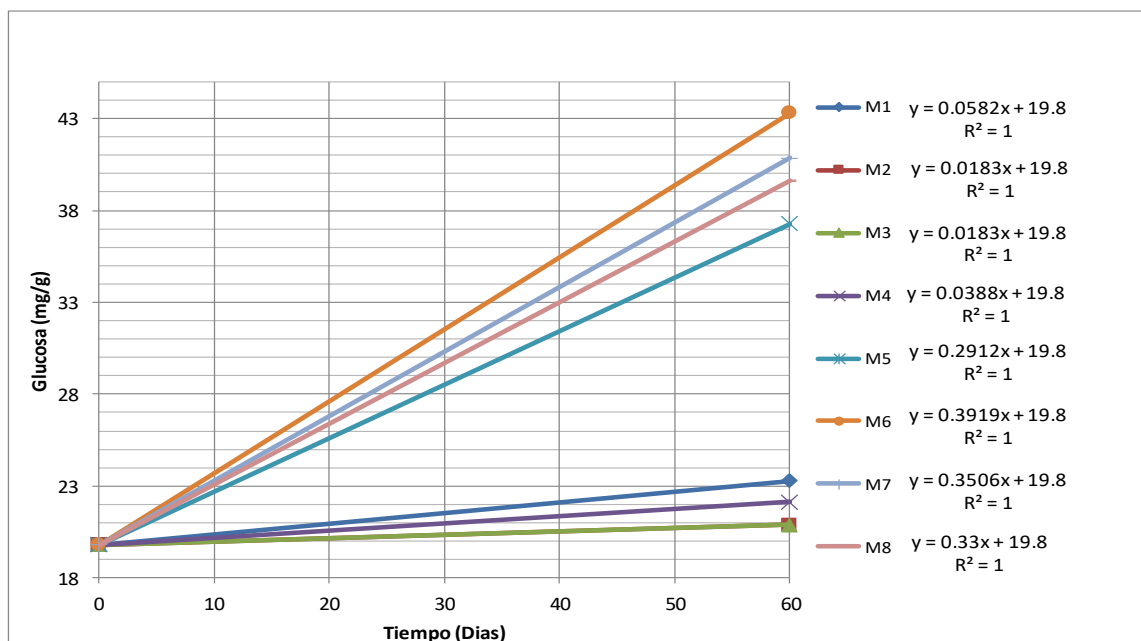
CUADRO 19

RESULTADOS DEL CONTENIDO DE GLUCOSA DE LA RAÍZ YACÓN ALMACENADA.

Temperatura		T°1 (15°C)				T°2 (25°C)			
Humedad Relativa		HR1 (50%)		HR2 (70%)		HR1 (50%)		HR2 (70%)	
Intensidad de Luz		SL	CL	SL	CL	SL	CL	SL	CL
	Día	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
GLUCOSA (mg/g)	0	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80
	60	23.29	20.90	20.90	22.13	37.27	43.31	40.84	39.60
Variación (mg/g)		3.49	1.10	1.10	2.33	17.47	23.51	21.04	19.80
Variación (%)		17.65	5.56	5.56	11.76	88.24	118.75	106.25	100.00

FIGURA 11

VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE GLUCOSA DE LA RAÍZ DE YACÓN ALMACENADA, EN LAS DIFERENTES MUESTRAS.



De los resultados obtenidos en el contenido de glucosa, observamos que durante el almacenamiento de las raíces de yacón, todas las muestras sufren un incremento de glucosa ($^{\circ}$ Brix); confirmandose con las pendientes positivas que indican cada una de las ecuaciones lineales de las 08 muestras (Figura 11).

Al realizar el analisis de varianza por factor en cada muestra (Cuadro 19) observamos que las muestras M2 y M3 presentan una varianza menor (Anexo 11), lo que indica que en estos tratamientos el incremento del contenido de glucosa fue de 1,10 mg/g a los 60 dias de almacenamiento, considerado menor en comparacion a las demas muestras, Las condiciones de Almacenamiento para estos casos fueron Temperatura de 15°C, Humedad Relativa de 50% y con luz; Temperatura de 15°C, Humedad Relativa de 70% y sin luz, respectivamente. La Muestra M6 presenta la varianza mayor, lo que indica que en este tratamiento el incremento del contenido de glucosa es de 23,51 mg/g a los 60 dias de almacenamiento, considerado mayor en comparacion a las demas muestras, Las condiciones de Almacenamiento para este caso fueron Temperatura de 25°C, Humedad Relativa de 50% y con luz; resultados similares obtiene (T Asami et al., 1991) indicando que el contenido de fructuosa, glucosa y sucrosa del yacón, aumentó durante cada almacenamiento; por lo tanto, podemos afirmar que al almacenar raíces de yacón a la temperatura (25°C) considerada como alta, y humedad relativa baja (50%), y en presencia de luz, la variacion del contenido de glucosa es

significativo llegando a 23,51 mg/g (118.75%) en 60 días de almacenamiento.

El ANOVA del contenido de Glucosa (Cuadro 20) divide la variabilidad en Glucosa en distintos segmentos separados para cada uno de los efectos. En este caso, 2 de los efectos tienen los p-valores inferiores a 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero al 95,0% de nivel de confianza. El estadístico R-cuadrado indica que el modelo así ajustado explica el 70,2612% de la variabilidad en glucosa.

CUADRO 20

ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL CONTENIDO DE GLUCOSA, PARA OBSERVAR CUALES SON LOS EFECTOS MAS INFLUYENTES EN LA VARIACIÓN

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	340.4030	1	340.4030	7.58	0.0249
B:Humedad Relativa	0.1056	1	0.1056	0.00	0.9625
C:Luz	0.8281	1	0.8281	0.02	0.8953
AB	0.0650	1	0.0650	0.00	0.9706
AC	2.2201	1	2.2201	0.05	0.8296
BC	0.8372	1	0.8372	0.02	0.8948
bloques	504.4520	1	504.4520	11.23	0.0101
Error total	359.3100	8	44.9137		
Total (corr.)	1208.2200	15			

R-cuadrada = 70.2612 por ciento

El efecto que influye significativamente en la variación del contenido de Glucosa es la temperatura. Así como existe una diferencia significativa entre bloques esto porque los tratamientos son diferentes uno de otro.

4.1.2.4 CONTENIDO DE FRUCTOSA

En el Cuadro 21, se muestra el **contenido de fructosa** obtenido en cada muestra del yacón, determinados al inicio y final del almacenamiento, lo que conlleva a su variación o cambio del **contenido de fructosa** de cada raíz de yacón durante el almacenamiento.

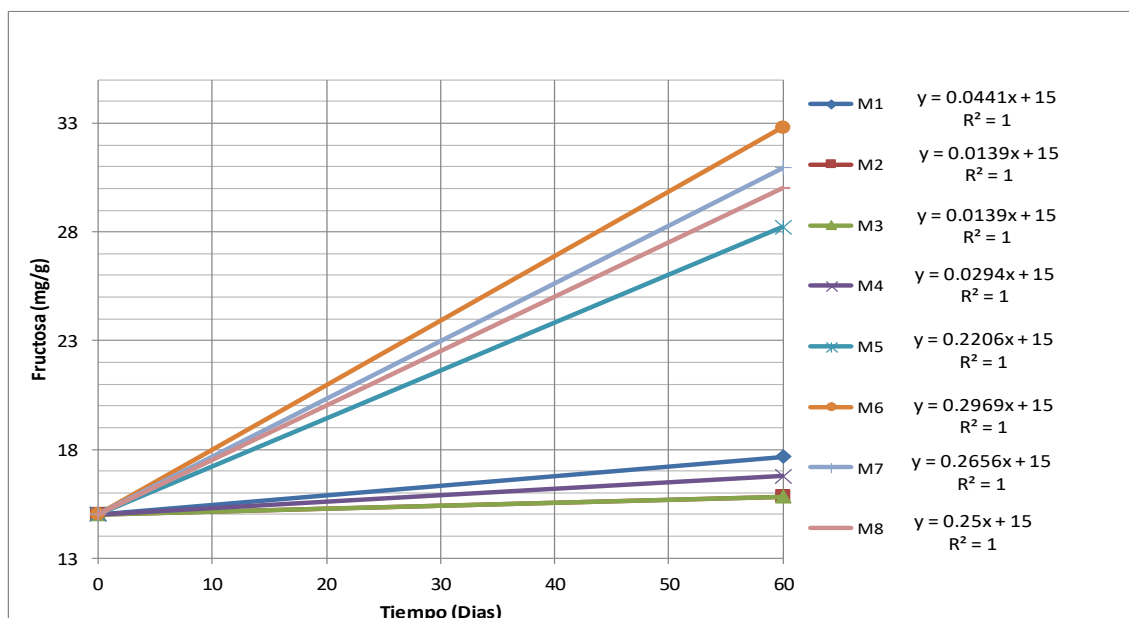
CUADRO 21

RESULTADOS DEL CONTENIDO DE FRUCTOSA DE LA RAÍZ YACÓN ALMACENADA.

Temperatura		T ⁰¹ (15°C)				T ⁰² (25°C)			
Humedad Relativa		HR1 (50%)		HR2 (70%)		HR1 (50%)		HR2 (70%)	
Intensidad de Luz		SL	CL	SL	CL	SL	CL	SL	CL
	Día	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
FRUCTOSA (mg/g)	0	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	60	17.65	15.83	15.83	16.76	28.24	32.81	30.94	30.00
Variación (mg/g)		2.65	0.83	0.83	1.76	13.24	17.81	15.94	15.00
Variación (%)		17.65	5.56	5.56	11.76	88.24	118.75	106.25	100.00

FIGURA 12

VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE FRUCTOSA DE LA RAÍZ DE YACÓN
ALMACENADA, EN LAS DIFERENTES MUESTRAS.



De los resultados obtenidos en el contenido de fructosa, observamos que durante el almacenamiento de las raíces de yacón, todas las muestras sufren un incremento de fructosa; confirmandose con las pendientes positivas que indican cada una de las ecuaciones lineales de las 08 muestras (Figura 12).

Al realizar el analisis de varianza por factor en cada muestra (Cuadro 21) observamos que las muestras M2 y M3 presentan una varianza menor (Anexo 12), lo que indica que en estos tratamientos el incremento del contenido de fructosa fue de 0,83 mg/g a los 60 dias de almacenamiento, considerado menor en comparacion a las demas muestras, Las condiciones de Almacenamiento para estos casos fueron Temperatura de

15°C, Humedad Relativa de 50% y con luz; Temperatura de 15°C, Humedad Relativa de 70% y sin luz, respectivamente. La Muestra M6 presenta la varianza mayor, lo que indica que en este tratamiento el incremento de fructosa es de 17,81 mg/g a los 60 días de almacenamiento, considerado mayor en comparación a las demás muestras, Las condiciones de Almacenamiento para este caso fueron Temperatura de 25°C, Humedad Relativa de 50% y con luz, resultados similares obtiene (T Asami et al., 1991) indicando que el contenido de fructuosa, glucosa y sucrosa del yacón, aumentó durante cada almacenamiento

De los resultados obtenidos, podemos afirmar que al almacenar raíces de yacón a la temperatura (25°C) considerada como alta, y humedad relativa baja (50%), y en presencia de luz, la variación de fructosa es significativo llegando a 17,81 mg/g representando el 118.75%.

El ANOVA del contenido de Fructosa (Cuadro 22) divide la variabilidad en Fructosa en distintos segmentos separados para cada uno de los efectos. En este caso, 2 de los efectos tienen los p-valores inferiores a 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero al 95,0% de nivel de confianza. El estadístico R-cuadrado indica que el modelo así ajustado explica el 70,2563% de la variabilidad en Fructosa.

CUADRO 22

ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL CONTENIDO DE FRUCTOSA, PARA
OBSERVAR CUALES SON LOS EFECTOS MAS INFLUYENTES EN LA
VARIACIÓN

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	195.4400	1	195.4400	7.58	0.0249
B:Humedad Relativa	0.0625	1	0.0625	0.00	0.9619
C:Luz	0.4692	1	0.4692	0.02	0.8960
AB	0.0380	1	0.0380	0.00	0.9703
AC	1.2769	1	1.2769	0.05	0.8295
BC	0.4761	1	0.4761	0.02	0.8953
bloques	289.5100	1	289.5100	11.23	0.0101
Error total	206.2920	8	25.7864		
Total (corr.)	693.5650	15			

R-cuadrada = 70.2563 porciento

El efecto que influye significativamente en la variación del contenido de Fructosa es la temperatura. Así como existe una diferencia significativa entre bloques esto porque los tratamientos son diferentes uno de otro.

4.1.2.5 CONTENIDO DE SACAROSA

En el Cuadro 23, se muestra el **contenido de sacarosa** obtenido en cada muestra del yacón, determinados al inicio y final del almacenamiento, lo que conlleva a su variación o cambio del **contenido de sacarosa** de cada raíz de yacón durante el almacenamiento.

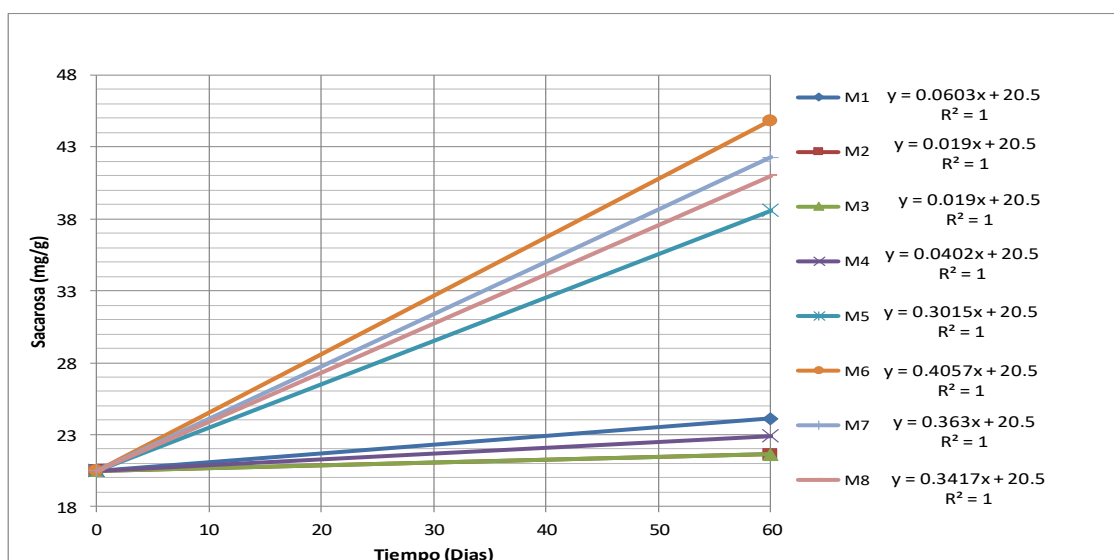
CUADRO 23

RESULTADOS DEL CONTENIDO DE SACAROSA DE LA RAÍZ YACÓN ALMACENADA

Temperatura		T°1 (15°C)				T°2 (25°C)			
Humedad Relativa		HR1 (50%)		HR2 (70%)		HR1 (50%)		HR2 (70%)	
Intensidad de Luz		SL	CL	SL	CL	SL	CL	SL	CL
	Día	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
SACAROSA (mg/g)	0	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50
	60	24.12	21.64	21.64	22.91	38.59	44.84	42.28	41.00
Variacion (mg/g)		3.62	1.14	1.14	2.41	18.09	24.34	21.78	20.50
Variacion (mg/g)		17.65	5.56	5.56	11.76	88.24	118.75	106.25	100.00

FIGURA 13

VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE SACAROSA DE LA RAÍZ DE YACÓN ALMACENADA, EN LAS DIFERENTES MUESTRAS.



De los resultados obtenidos en el contenido de Sacarosa, observamos que durante el almacenamiento de las raíces de yacón, todas las muestras sufren un incremento de sacarosa; confirmándose con las pendientes

positivas que indican cada una de las ecuaciones lineales de las 08 muestras (Figura 13).

Al realizar el análisis de varianza por factor en cada muestra (Cuadro 23) observamos que las muestras M2 y M3 presentan una varianza menor (Anexo 13), lo que indica que en estos tratamientos el incremento de sacarosa fue de 1,14 mg/g a los 60 días de almacenamiento, considerado menor en comparación a las demás muestras, Las condiciones de Almacenamiento para estos casos fueron Temperatura de 15°C, Humedad Relativa de 50% y con luz; Temperatura de 15°C, Humedad Relativa de 70% y sin luz, respectivamente. La Muestra M6 presenta la varianza mayor, lo que indica que en este tratamiento el incremento de sacarosa es de 24,34 mg/g a los 60 días de almacenamiento, considerado mayor en comparación a las demás muestras, Las condiciones de Almacenamiento para este caso fueron Temperatura de 25°C, Humedad Relativa de 50% y con luz; resultados similares obtiene (T Asami et al., 1991) indicando que el contenido de fructuosa, glucosa y sucrosa del yacón, aumentó durante cada almacenamiento.

De los resultados obtenidos, podemos afirmar que al almacenar raíces de yacón a la temperatura (25°C) considerada como alta, y humedad relativa baja (50%), y en presencia de luz, la variación de sacarosa es significativo llegando a 24,34 mg/g, representando el 118.75%.

El ANOVA del contenido de sacarosa (Cuadro 24) divide la variabilidad en sacarosa en distintos segmentos separados para cada uno de los efectos.

En este caso, 2 de los efectos tienen los p-valores inferiores a 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero al 95,0% de nivel de confianza. El estadístico R-cuadrado indica que el modelo así ajustado explica el 70,2657% de la variabilidad en sacarosa.

CUADRO 24

ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL CONTENIDO DE SACAROSA, PARA OBSERVAR CUALES SON LOS EFECTOS MAS INFLUYENTES EN LA VARIACIÓN

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	364.8100	1	364.8100	7.58	0.0249
B:Humedad Relativa	0.1156	1	0.1156	0.00	0.9621
C:Luz	0.8836	1	0.8836	0.02	0.8956
AB	0.0702	1	0.0702	0.00	0.9705
AC	2.3870	1	2.3870	0.05	0.8294
BC	0.8930	1	0.8930	0.02	0.8950
bloques	540.7950	1	540.7950	11.24	0.0101
Error total	385.0640	8	48.1330		
Total (corr.)	1295.0200	15			

R-cuadrada = 70.2657 por ciento

El efecto que influye significativamente en la variación del contenido de sacarosa es la temperatura. Así como existe una diferencia significativa entre bloques esto porque los tratamientos son diferentes uno de otro.

De los cinco parámetros analizados en las características químicas del yacón, existe una disminución significativa del contenido de Oligosacáridos e Inulina, y un incremento del contenido de Glucosa, fructosa y sacarosa, influenciados tanto por la temperatura así como la humedad relativa del medio y la presencia de luz. En la raíz de yacón bajo almacenamiento se provoca despolimerización de los azúcares siendo estos de azúcares superiores (FOS) representados por los Oligosacáridos e Inulina a simples representados por la glucosa, fructosa y sacarosa; Graefe et al. (2002) indica que la velocidad de la conversión de FOS en azúcares simples es especialmente rápida en los primeros días de pos cosecha.

Asami et al. (1991) reportaron que el contenido de FOS en raíces almacenadas a una temperatura de 5°C fue significativamente mayor al de las raíces almacenadas a 25°C. Estos resultados sugieren que la velocidad de conversión puede ser más lenta cuando las raíces son almacenadas a temperaturas de refrigeración. Sin embargo, aun cuando las raíces sean almacenadas a 5°C, existe una tasa importante de conversión de FOS en azúcares simples que no puede ser controlada. En el estudio del comportamiento de los carbohidratos de reserva en raíces tuberosas el yacón después de la cosecha, (Vilhena, 1997) observó una disminución significativa en contenido de fructanos de 101,3 mg / g de la raíz recién cosechado 84.31 mg / g después del segundo día de la exposición al sol, la estabilización a partir de entonces. Esto es debido a la degradación enzimática de estos compuestos y se produce incluso cuando la raíz es almacenada a bajas temperaturas.

La temperatura, la humedad relativa y la presencia de luz influyen en la despolimerización de los azúcares superiores a azúcares simples, principalmente la temperatura y la humedad relativa (Anexo 3); es así que este desdoblamiento provocado por acción enzimática propia del producto descompone esta más aun en condiciones de temperatura altas y humedad relativa baja y presencia de luz es así que: Cuando las plantas han terminado el estado de senescencia comienzan a emerger los nuevos brotes y los FOS comienzan también su conversión en azúcares simples. Este proceso es activado por la enzima fructano hidrolasa (FH), la cual actúa liberando sucesivamente las moléculas de fructosa que se encuentran en posición terminal dentro de la cadena de los fructooligosacáridos. Posiblemente este mecanismo enzimático es “encendido” dentro de la planta con la finalidad de emplear los fructanos como fuente de energía para el rebrote (Fukai et al. 1997).

Las raíces de yacón almacenadas fueron recolectadas a los 07 meses de desarrollo vegetativo, observándose inicialmente alto contenido de FOS. Las 08 condiciones de almacenamiento planteadas demostraron la existencia de diferencias en los análisis de las variables respuesta, lo que implica que cada condición de almacenamiento influye en el cambio de la estructura (física o química) de la raíz de yacón, unos a mayor velocidad que otros.

4.1.3 Análisis Sensorial de las raíces de yacón almacenados

La característica sensorial permitió evaluar las muestras de raíces de yacón con la finalidad de ver las características así como la preferencia y la aceptación, utilizándose 10 panelistas o jueces semientrenados, los que registraran los datos en una escala hedónica con puntaje de 01 a 05, que indica el menor y el máximo grado de aceptación tal como se muestra en el Anexo 01. Los parámetros a ser analizados fueron Textura, color, olor y sabor.

En el Cuadro 25, se muestra los resultados promedio del análisis sensorial de cada muestra del yacón, determinándose así la aceptación y preferencia por parte de los panelistas semientrenados.

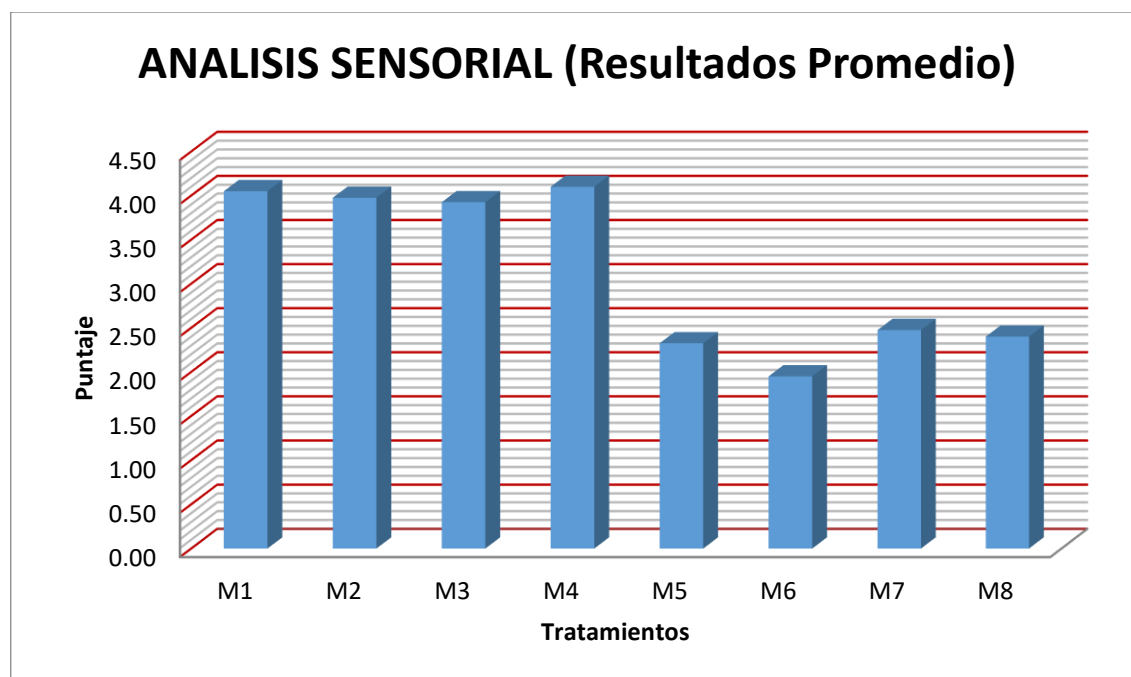
CUADRO 25

RESULTADOS DEL ANALISIS SENSORIAL DE LA RAÍZ YACÓN
ALMACENADA

ANALISIS SENSORIAL (Resultados Promedio)								
Temperatura	T°1 (15°C)				T°2 (25°C)			
Humedad Relativa	HR1 (50%)		HR2 (70%)		HR1 (50%)		HR2 (70%)	
Intensidad de Luz	SL	CL	SL	CL	SL	CL	SL	CL
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
PROMEDIO	3.85	3.98	4.10	4.10	2.33	1.95	2.48	2.40

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 14

ACEPTACIÓN DE LAS MUESTRAS DE YACÓN EN SU ANÁLISIS
SENSORIAL

De los resultados del análisis sensorial (Anexo 2) la muestra M1 Y M4 presentan aceptación significativa por parte de los panelistas por las características sensoriales (textura, color, olor y sabor) que muestra esta con una calificación de 4,1. Así mismo se puede decir que no hay variación significativa en el peso, contenido de humedad ni en el contenido de sólidos solubles, en los 60 días de almacenamiento, confirmando esta afirmación con lo representado en la Figura 14 y los análisis físicos.

4.2 Resultado de la selección de la temperatura, Humedad Relativa e incidencia de luz; como factores de almacenamiento que permita una

despolimerización de los fructooligosacaridos de la Raíz de yacón almacenada.

Para la selección de la temperatura Humedad Relativa e incidencia de luz como factores de almacenamiento que permita una despolimerización de los Fructooligosacaridos, se evaluó estadísticamente cada resultado obtenido del contenido de Oligosacáridos e Inulina del yacón almacenado durante los 60 días. Siendo el factor de verificación aquella muestra cuyo tratamiento sufrió una disminución en mayor cantidad de estos componentes.

Para demostrar esta respuesta se evaluó los 08 tratamientos con sus respectivas repeticiones mediante un análisis factorial 2^3 , llegando a optimizar la cantidad máxima de Oligosacáridos e inulina posibles que se despolimerizan en la estructura del yacón almacenado; lo que detallo a continuación:

4.2.1 Análisis estadístico y optimización de los resultados del contenido de Oligosacáridos de la raíz de yacón almacenada.

En el Cuadro 26 se muestra el análisis de Varianza realizado a la variación del contenido de los oligosacáridos permite observar que 02 de los efectos tienen los p-valores inferiores a 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero al 95,0% de nivel de confianza. Estos efectos corresponden a la temperatura y los bloques que se forman en el estudio.

El estadístico R-cuadrado indica que el modelo así ajustado explica el 70,2657% de la variabilidad en Oligosacáridos.

CUADRO 26

ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL CONTENIDO DE OLIGOSACÁRIDOS

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	364,81	1	364,81	7,58	0,0249
B:Humedad	0,1156	1	0,1156	0,00	0,9621
C:Luz	0,8836	1	0,8836	0,02	0,8956
AB	0,070225	1	0,070225	0,00	0,9705
AC	2,38702	1	2,38702	0,05	0,8294
BC	0,893025	1	0,893025	0,02	0,8950
Bloques	540,795	1	540,795	11,24	0,0101
Error Total	385,064	8	48,133		
Total (corr.)	1295,02	15			

El ANOVA nos indica claramente que existe una influencia significativa de la temperatura en la variación del contenido de oligosacáridos de la raíz de yacón almacenada.

Al realizar un análisis de regresión para observar la variación y la maximización del contenido de Oligosacáridos del yacón se obtiene la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Oligosacaridos} = & 66.0863 - 0.8755(T) + 0.035(HR) - 0.1075(L) - \\ & 0.001325(T)(HR) - 0.07725(T)(L) + 0.023625(HR)(L) \end{aligned}$$

Dónde: T = Temperatura; HR = Humedad Relativa; L : Luz

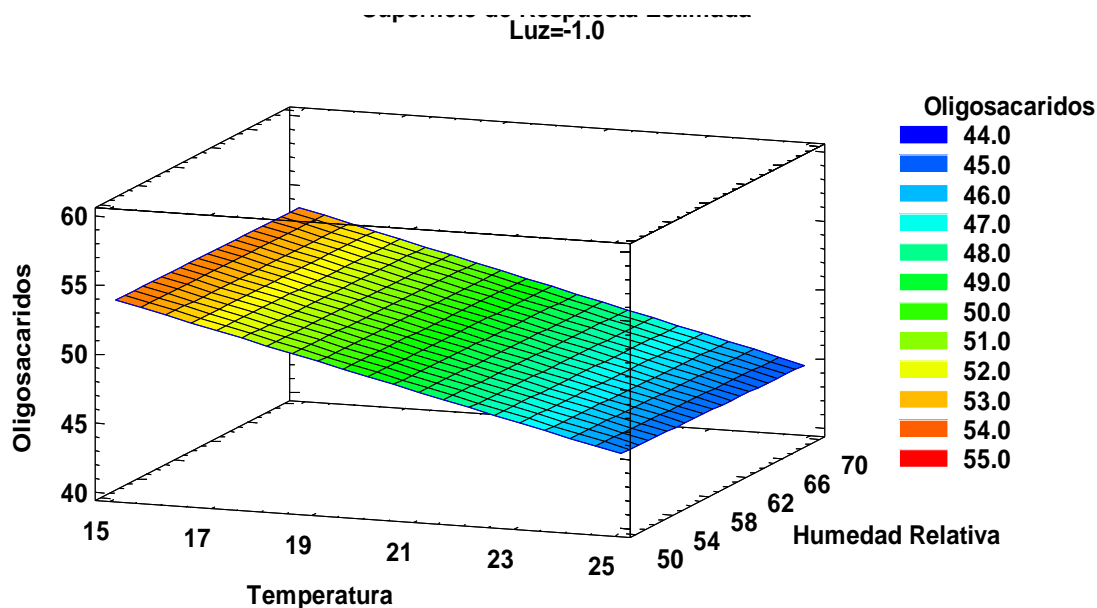
El Cuadro 27 indica la respuesta optimizada del contenido de oligosacáridos obtenida del cálculo desarrollado mediante el arreglo factorial 2^3 calculada con ayuda de software Statgraphics Centurion (2009), los resultados arrojan que se obtienen como máximo 54.4 mg/g de oligosacáridos contenidos en el yacón durante el tiempo de almacenamiento de 60 días, siempre en cuando se utilicen temperatura de 15°C, Humedad Relativa de 70% y con presencia de luz; lo mismo se afirma con lo desarrollado en la superficie de respuesta (Figura 15).

CUADRO 27

Respuesta Optimizada del contenido de Oligosacaridos			
Meta:	maximizar Oligosacaridos		
Valor Optimo:	54.4	mg/g	
Factor	Inferior	Mayor	Optimo
Temperatura	15	25	15
Humedad Relativa	50	70	70
Luz	-1	1	1

FIGURA 15

SUPERFICIE DE RESPUESTA ESTIMADA PARA MAXIMIZAR LOS
OLIGOSACÁRIDOS



4.2.2 Análisis estadístico y optimización de los resultados del contenido de Inulina de la raíz de yacón almacenada.

En el Cuadro 28 se muestra el análisis de Varianza realizado a la variación del contenido de la Inulina, permite observar que 02 de los efectos tienen los p-valores inferiores a 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero al 95,0% de nivel de confianza. Estos efectos corresponden a la temperatura y los bloques que se forman en el estudio.

El estadístico R-cuadrado indica que el modelo así ajustado explica el 75,9198% de la variabilidad en Inulina.

CUADRO 28

ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL CONTENIDO DE INULINA

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	22,4676	1	22,4676	5,17	0,0526
B:Humedad	0,065025	1	0,065025	0,01	0,9057
C:Luz	2,2201	1	2,2201	0,51	0,4952
AB	0,105625	1	0,105625	0,02	0,8800
AC	0,8281	1	0,8281	0,19	0,6741
BC	7,42563	1	7,42563	1,71	0,2276
bloques	76,5625	1	76,5625	17,61	0,0030
Error Total	34,7865	8	4,34832		
Total (corr.)	144,461	15			

El ANOVA nos indica claramente que existe una diferencia significativa entre los bloques de estudio puesto que cada uno de los tratamientos son diferentes.

Al realizar un análisis de regresión para observar la variación y la maximización del contenido de Inulina del yacón se obtiene la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Inulina} = & 13.82 - 0.1395(T) + 0.038875(HR) + 3.55(L) - \\ & 0.001625(T)(HR) + 0.0455(T)(L) - 0.068125(HR)(L) \end{aligned}$$

Dónde: T = Temperatura; HR = Humedad Relativa; L : Luz

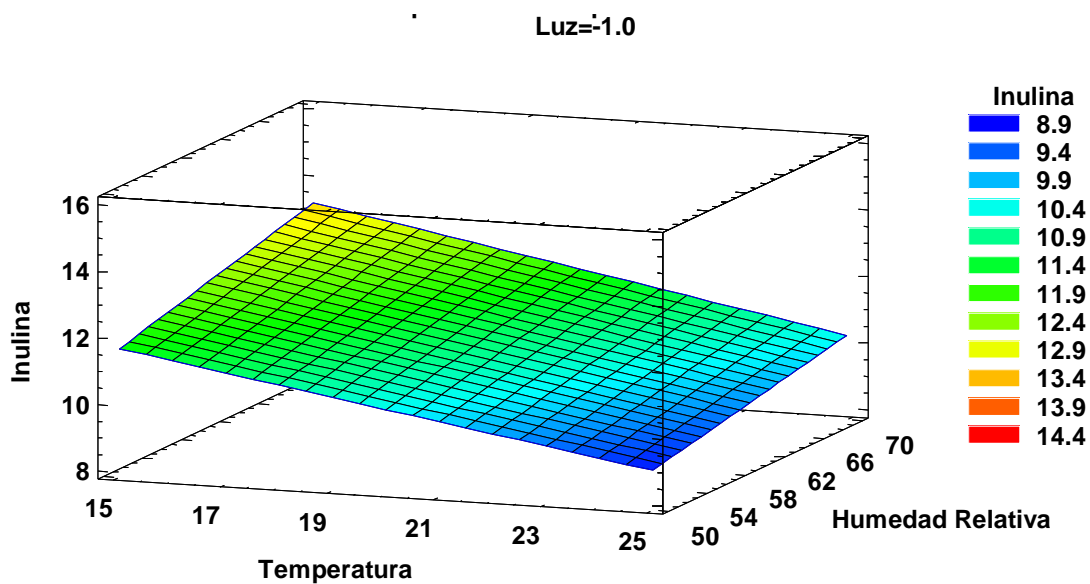
El Cuadro 29 indica la respuesta optimizada del contenido de Inulina obtenida del cálculo desarrollado mediante el arreglo factorial 2^3 calculada con ayuda de software Statgraphics Centurion (2009), los resultados arrojan que se obtienen como máximo 13.2787 mg/g de Inulina contenidos en el yacón durante el tiempo de almacenamiento de 60 días, siempre en cuando se utilicen temperatura de 15°C, Humedad Relativa de 70% y sin presencia de luz; lo mismo se afirma con lo desarrollado en la superficie de respuesta (Figura 16).

CUADRO 29

Respuesta Optimizada del contenido de Inulina			
Meta:	maximizar Inulina		
Valor Optimo:	13.2787	mg/g	
Factor	Inferior	Mayor	Optimo
Temperatura	15	25	15
Humedad Relativa	50	70	70
Luz	-1	1	-1

FIGURA 16

SUPERFICIE DE RESPUESTA ESTIMADA PARA MAXIMIZAR EL CONTENIDO DE INULINA



CONCLUSIONES

- La despolimerización de los Fructooligosacridos presentes en el yacón influyen en el cambio de sus características generales durante el almacenamiento.
- La temperatura de almacenamiento que permite una adecuada despolimerización de los fructooligosacaridos de la raíz de yacón es 15°C, esta mantiene tasas lentas de disminución de los FOS e inulina.
- La humedad relativa de almacenamiento que permite una adecuada despolimerización de los fructooligosacaridos de la raíz de yacón es 70%, esta mantiene tasas lentas de disminución de los FOS e inulina.
- La intensidad de luz es independiente en el proceso de despolimerización de los fructooligosacaridos que afectan en las características generales de la raíz de yacón almacenadas.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios similares con inserción de intensidad de luz medible.
- Utilizar almacenes prediseñados con fluctuación de temperatura de $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Y variación de la humedad relativa de $\pm 5\%$.
- Realizar estudios sobre extracción de fructooligosacaridos a partir de la raíz de yacón fresco.
- Realizar estudios sobre técnicas de aislado de inulina a partir de la raíz de yacón fresco.
- Evaluar la tasa de respiración en las condiciones de almacenamiento.
- Generar empaques que permitan facilitar el transporte bajo las condiciones de almacenamiento encontrados y que permitan evitar la despolimerización de los FOS.

BIBLIOGRAFIA

- AOAC. (1994). International official methods of analysis. 16° edición, quinta revisión 2001; Volumen 1: página 1-12. (pp. capítulo 4 página 25-26, capítulo 32).
- Araujo, A. M., & Gandur, R. M. P. (2008). *Statgraphics*. Universidad Nacional Colombia: Facultad de Ciencias Económicas Unidad De Informática y Comunicaciones Bogotá D.C.
- Asami, T., Kubota, M., Minamisawa, K., & Tsukihashi, T. (1989a). Chemical composition of yacon [*Polymnia sonchifolia*], a new root crop from the Andean highlands. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 60(2), 122- 126.
- Asami, T., Kubota, M., Minamisawa, K., & Tsukihashi, T. (1989b). Chemical composition of yacon [*Polymnia sonchifolia*], a new root crop from the Andean highlands. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 60(2), 122-126.

Asami, T., Minamisawa, K., Tsuchiya, T., Kano, K., Hori, I., Ohyama, T., . . .

Tsukihashi, T. (1991). Fluctuation of oligofructan contents in tubers of yacon (*Polymnia sonchifolia*) during growth and storage. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition (Japan)*.

Butler, G., & Rivera, D. (2004). Innovations in peeling technology for yacon. *Project Report International Potato Center*.

<http://www.cipotato.org/artc/CIPcrops/2004-1127.pdf>.

Cabello, C. (2005). Extração e pré-tratamento químico de frutanos de yacon, *Polymnia sonchifolia*. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, v.25, n.2, 202-207.

Calvo. (2008). BIOQUIMICA DE LOS ALIMENTOS Retrieved 20 de marzo, 2012, from

<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/enzimas/tirosinasa.html>

Calvo, Salvador, A., & Fizman, S. M. (2001). Influence of colour intensity on the perception of colour and sweetness in various fruit flavoured yoghurts. *Eur Food Res Tech*, 99-103.

Camelo, A. F. L., Food, & Nations, A. O. o. t. U. (2003). *Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas[: del campo al mercado: FAO*.

Candido, L. M. B., & Campos, A. M. (1996). Alimentos para fins especiais: Dietéticos.

Capito, S. (2001). *Raiz tuberosa de yacón (Polymnia sonchifolia): caracterização química e métodos de determinação de frutanos (CG e CLAE-DPA)*. Universidade Estadual de São Paulo.

Castillo Alfaro, M. E., & Vidal Melgarejo, S. A. (2005). *El yacón: una nueva alternativa en la prevención y el tratamiento de la salud*.

- Centro Internacional de la Papa (CIP), -. (Diciembre 2004). Yacón *Ficha Técnica*. Lima, Perú.
- Cisneros, & Zevallos, L. (2002). Characterization and Evaluation of Fructooligosaccharides on Yacon Roots (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.) During Storage. *Department of Horticulture*.
- COUNCIL., N. R. (1989). Lost crop of the Incas: Little Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation. . Retrieved 15 de marzo de 2014 <http://www.nap.edu>:
<http://www.nap.edu/openbook/030904264X/html/115.html>.
- Chasquibol, N., Aguirre, R., Bravo, M., Lengua, R., Ch, G. T., Delmás, I., & Rivera, D. (2002). ESTUDIO QUÍMICO Y NUTRICIONAL DE LAS VARIETADES DE LA RAÍZ DE LA Polymnia sonchifolia" YACÓN". *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 5(1), 37-42.
- Díaz, M. (2002). *Exposición en Oligosacaridos en Formulas infantiles*. España: Neolac.
- Dysseler, P., Hoffem, D., Fockedey, J., Quemener, B., Thibault, J. F., & Coussement, P. (1999). Determination of inulin and oligofructose in food products (modified AOAC dietary fiber method). *In: Sunsoo, S; Prosky, L ; Dreher, M. eds. Complex carbohydrates in foods. New York. Marcel Drekker Inc., 676*.
- FAO. (2002). *Manual de prácticas de manejo postcosecha de los productos hortofrutícolas a pequeña escala, Series de horticultura postcosecha* California: University of California - Davis,.
- Fernández, & Jeri, A. (2003). Yacón: Importancia Prebiótica y Tecnológica. *AGROENFOQUE*, N°139, 46 - 47.

- Fukai, K. (1993). Distribution of carbohydrates and related enzyme-activities in yacon (*Polymnia sonchifolius*). *Soil Sci. Plant Nutr*, 39, 567-571.
- Fukai, K. (1997). Seasonal fluctuations in fructans content and related activities in yacon (*Polymnia sonchifolius*). . *Soil Sci. Plant Nutr.*, 43, 171-177.
- Google. ((s.f.)). Mapa de Talavera-Andahuyalas, Perú en Google maps.
Retrieved 09 de febrero, 2017, from
<https://www.google.com.pe/maps/@-13.6469041,-73.4313586,4350m/data=!3m1!1e3>
- Goto, K., Fukai, K., Hikida, J., Nanjo, F., & Hara, Y. (1995). Isolation and structural analysis of oligosaccharides from yacon (*Polymnia sonchifolius*). *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 59, 2346–2347.
- Graefe, S., Hermann, M., Manrique, I., Golombek, S., & Buerkert, A. (2004). Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes. *EL SEVIER, Field Crops Research* 86, University of Kassel, Institute of Crop Science, Steinstr. 19, D-37213 Witzenhausen, Germany International Potato Center (CIP), Apartado 31558, Lima 37212, Peru.
- Grau, A., & Rea, J. (1997). Yacón. *Smallanthus sonchifolius*. Hermann & Heller (editors) *Andean root and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacón.*(IPGRI Rome. pp.), 199-240.
- Grau, A., Rea, J., & Heller, J. (1997). Yacon. *Smallanthus sonchifolius* (Poep. & Endl.) H. Robinson. In: Hermann, M.
www.cipotato.org/market/ARTChermann/yacon.pdf.
<http://www.cipotato.org/market/ARTChermann/yacon.pdf>.

- Gutiérrez Vargas, L., & Vaca Jerez, S. M. (2012). Evaluación del uso de recubrimientos lipídicos, poliméricos y refrigeración para prolongar la vida útil del Yacón (*Smallantus Sonchifolius*).
- Hermann, M., Freire, I., & Pazos, C. (1998). Compositional diversity of the yacon storage root *CIP Prog. Rep. 1997–1998, Lima, Peru*, 425–432.
- Lachman, L. (2004). Saccharides of yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson] tubers and rhizomes and factors affecting their content. . *Plant soil environment, Czech Republic.*, 50(9), 383-390.
- Liu, F. W. (1988). Developing practical methods and facilities for handling fruits in order to maintain quality and reduce losses. Postharvest Handling of Tropical and Subtropical Fruit Crops,. *Food and Fertilizer Technical Center for the Asian and Pacific Re.*
- Lupetti, K. O. (2005). Análise de imagem em química analítica: empregando metodologias simples e didáticas para entender e prevenir o escurecimento de tecidos vegetais. . *Química Nova, São Carlos*, 28(3), 548-554.
- Manrique, I., & Hermann, M. (2005). Yacon - Fact Sheet. Lima, Peru:
International Potato Center (CIP) *Capturado em 22 dez. 2005. Online.*
Disponível na Internet www.cipotato.org/artc/cipcrops/factsheetyacon.pdf.
- Manrique, I., & Párraga, A. (2005). Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos Andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). Jarabe de yacón: principios y procesamiento. Lima: Centro Internacional de La Papa, . 40p.

- Manrique, I., Parraga, A., & Hermann, M. (Eds.). (2005). *Jarabe de yacón: Principios y procesamiento* (Vol. 8a). Lima – Peru: Centro Internacional de la Papa, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion, Fundacion Erbacher, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperacion.
- Meza, G. (1995). Variedades Nativas de Yacón (*Polymnia sonchifolia*) en Cusco. (pp. 12). Cusco: Centro de Investigación en Cultivos Andinos (CICA), Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, CIP-COTESU.
- MINAGRI. (2014). *Sistema Integrado de Estadística Agraria, Lima - Perú*.
- Mindani, C. G. (2008). *Influencia de las condiciones de proceso en el secado por liofilización del yacón (*Smallanthus sonchifolius*)*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima - Perú.
- Montaldo, A. (1991). *Cultivo de Raíces y Tubérculos tropicales*. (IICA Ed. segunda edición ed.). San Jose: Costa Rica.
- Nieto, C. (1991). Estudios agronomicos y bromatologicos en Jicama (*Polyminia sonchifolia* Poep et Endl.). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, *XLI*(2), 212-221.
- Ohyama, T., Ito, O., Yasuyoshi, S., Ikarashi, T., Minimisawa, K., Kubota, M., . . . Asami, T. (1990). *Composition of storage carbohydrate in tubers of Yacon (*Polymnia sanchifolia*)*. National Institute of Agro-environmental Sciences and Ibaraki University, Japon, *Soil Sci. Plant Nutr.*
- Ohyama T., I. O., Yasuyoshi S., Ikarashi T., Minamisawa K., Kubota M., Tsukinashi T., Asami T. (1990). Composition of storage carbohydrate in tuber roots of yacon (*Polymnia sonchifolius*). *Soil Sci. Plant Nutr.*, *36*, 167–171.

Pólit, P. (2008). Manejo poscosecha de productos hortifrutícolas en fresco.

www.sica.gov.ec.

http://www.sica.gov.ec/agronegocios/sistema%20valor/poscosecha_hortifuticolas.

Quinteros, E. T. T. (2000). *Produção com tratamento enzimático e avaliação do suco de yacon*. Campinas-Brasil: Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

Ribeiro, R. C. L. F. (1993). Distribuição, aspectos estruturais e funcionais dos frutanos, com ênfase em plantas herbáceas do cerrado. *Revista Brasileira Fisiologia Vegetal*, v. 5, n.2, 203-208.

Rivera, D., & Manrique, I. (2005). Zumo de Yacón. *Ficha Técnica*. Centro Internacional de la Papa (CIP).

Roberfroid, M. (1993). Dietary Fiber, Inulin, and Oligofructose: A Review Comparing their Physiological Effects. *Critical Rev. Fd Sci. Nutr.*, 33(2), 103 -148.

Santana, I., & Cardoso, M. H. (2008). Raiz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): potencialidade de cultivo, aspectos tecnológicos e nutricionais. *Ciência Rural*, 38, 898-905.

Seminario, J., & Valderrama, M. (2003). *El yacon: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio*. Lima - Perú: Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE).

Statgraphics Centurion, X. (2009). Statpoint technologies. *INC. version*, 16, 17.

- Takenaka, M. (2003). Caffeic acid derivatives in the roots of yacon (Smallanthus sonchifolius). *Journal of Agricultural and Food Chemistry, Japan*, v.51, n.3, 793-796.
- Ureña P, D. a. M. (1999). *Evaluación sensorial de los alimentos*. Lima, Perú: Editorial Agraria.
- Valentová, K., & Ulrichová, J. (2003). Smallanthus sonchifolius and Lepidium meyenii – prospective Andean crops for the prevention of chronic diseases. *Biomedical Papers, Czech Republic*, v. 147, n.2, 119-130.
- Vilhena, S. M. C. (1997). *Ciclo de cultivo e técnicas pós-colheita de yacon (Polymnia sonchifolia Poep. Endl.) em função do conteúdo de frutose total nos órgãos subterrâneos*. São Paulo, Botucatu: Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu.
- Wei, B., Hara, M., Yamauchi, R., Ueno, Y., & Kato, K. (1991). Fructooligosaccharides in the tubers of jerusalem artichoke [*Helianthus tuberosus*] and yacon [*Polymnia sonchifolia*]. *Research Bulletin of the Faculty of Agriculture-Gifu University (Japan)*.



ANEXOS

ANEXO 1

FICHA PARA REALIZAR LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS RAÍCES DE
YACÓN

PRUEBA DE ESCALA HEDONICA

NOMBRE :

PRODUCTO : FECHA :

INSTRUCCIONES : Por favor pruebe las muestras en el orden de izquierda a derecha y ubique en la escala con una X la intensidad de agrado o desagrado para cada una, en función a su

ESCALA	MUESTRAS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Gusto mucho								
Gusto moderadamente								
No gusto, ni disgusto								
Disgusto moderadamente								
Disgusto mucho								

OBSERVACIONES:
.....

ANEXOS 2

RESULTADO DEL ANÁLISIS SENSORIAL REALIZADO A LA 08 MUESTRAS

ANALISIS SENSORIAL (TEXTURA)									
Temperatura		T°1 (15°C)				T°2 (25°C)			
Humedad Relativa		HR1 (50%)		HR2 (70%)		HR1 (50%)		HR2 (70%)	
Intensidad de Luz		SL	CL	SL	CL	SL	CL	SL	CL
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
PANELISTAS	1	5.00	4.00	4.00	4.00	2.00	2.00	3.00	2.00
	2	4.00	4.00	4.00	3.00	1.00	2.00	2.00	1.00
	3	5.00	5.00	5.00	5.00	2.00	1.00	2.00	3.00
	4	4.00	3.00	4.00	5.00	3.00	2.00	3.00	3.00
	5	3.00	5.00	3.00	4.00	2.00	3.00	3.00	2.00
	6	4.00	4.00	4.00	5.00	2.00	1.00	3.00	3.00
	7	4.00	5.00	4.00	4.00	2.00	2.00	3.00	2.00
	8	5.00	4.00	5.00	5.00	3.00	2.00	3.00	3.00
	9	5.00	5.00	3.00	5.00	2.00	1.00	2.00	3.00
	10	4.00	4.00	4.00	5.00	1.00	2.00	2.00	2.00
PROMEDIO		4.30	4.30	4.00	4.50	2.00	1.80	2.60	2.40

ANALISIS SENSORIAL (COLOR)									
Temperatura		T°1 (15°C)				T°2 (25°C)			
Humedad Relativa		HR1 (50%)		HR2 (70%)		HR1 (50%)		HR2 (70%)	
Intensidad de Luz		SL	CL	SL	CL	SL	CL	SL	CL
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
PANELISTAS	1	3.00	4.00	3.00	5.00	2.00	1.00	3.00	2.00
	2	4.00	3.00	4.00	4.00	3.00	3.00	2.00	2.00
	3	5.00	3.00	4.00	2.00	3.00	4.00	4.00	2.00
	4	4.00	2.00	3.00	2.00	2.00	1.00	3.00	3.00
	5	2.00	5.00	3.00	4.00	3.00	2.00	3.00	3.00
	6	4.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00	2.00	3.00
	7	3.00	3.00	5.00	5.00	3.00	2.00	1.00	1.00
	8	4.00	4.00	3.00	4.00	2.00	3.00	3.00	2.00
	9	5.00	3.00	4.00	4.00	3.00	1.00	2.00	2.00
	10	3.00	5.00	3.00	2.00	2.00	3.00	2.00	2.00
PROMEDIO		3.70	3.50	3.50	3.40	2.60	2.30	2.50	2.20

ANALISIS SENSORIAL (OLOR)									
Temperatura	T°1 (15°C)				T°2 (25°C)				
Humedad Relativa	HR1 (50%)		HR2 (70%)		HR1 (50%)		HR2 (70%)		
Intensidad de Luz	SL	CL	SL	CL	SL	CL	SL	CL	
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
PANELISTAS	1	4.00	4.00	5.00	5.00	3.00	2.00	3.00	3.00
	2	5.00	5.00	3.00	5.00	2.00	1.00	2.00	3.00
	3	4.00	3.00	4.00	4.00	3.00	3.00	2.00	2.00
	4	5.00	3.00	4.00	2.00	3.00	2.00	2.00	2.00
	5	3.00	5.00	5.00	5.00	2.00	1.00	2.00	3.00
	6	4.00	3.00	4.00	5.00	3.00	2.00	3.00	3.00
	7	3.00	5.00	3.00	4.00	2.00	3.00	3.00	2.00
	8	5.00	3.00	4.00	2.00	3.00	2.00	2.00	2.00
	9	4.00	5.00	3.00	5.00	2.00	1.00	2.00	3.00
	10	4.00	4.00	4.00	5.00	1.00	2.00	2.00	2.00
PROMEDIO	4.10	4.00	3.90	4.20	2.40	1.90	2.30	2.50	

ANALISIS SENSORIAL (SABOR)									
Temperatura	T°1 (15°C)				T°2 (25°C)				
Humedad Relativa	HR1 (50%)		HR2 (70%)		HR1 (50%)		HR2 (70%)		
Intensidad de Luz	SL	CL	SL	CL	SL	CL	SL	CL	
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
PANELISTAS	1	5.00	5.00	5.00	5.00	2.00	1.00	2.00	3.00
	2	4.00	3.00	4.00	5.00	3.00	2.00	3.00	3.00
	3	3.00	5.00	5.00	4.00	2.00	3.00	3.00	2.00
	4	5.00	3.00	4.00	2.00	3.00	2.00	2.00	2.00
	5	4.00	4.00	3.00	5.00	2.00	1.00	2.00	3.00
	6	4.00	4.00	4.00	3.00	1.00	2.00	2.00	1.00
	7	5.00	5.00	5.00	5.00	2.00	1.00	2.00	3.00
	8	3.00	3.00	4.00	5.00	3.00	2.00	3.00	3.00
	9	4.00	5.00	4.00	4.00	2.00	2.00	3.00	2.00
	10	4.00	4.00	5.00	5.00	3.00	2.00	3.00	3.00
PROMEDIO	4.10	4.10	4.30	4.30	2.30	1.80	2.50	2.50	

ANEXOS 3

ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA GLUCOSA

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	340,403	1	340,403	7,58	0,0249
B:Humedad	0,105625	1	0,105625	0,00	0,9625
C:Luz	0,8281	1	0,8281	0,02	0,8953
AB	0,065025	1	0,065025	0,00	0,9706
AC	2,2201	1	2,2201	0,05	0,8296
BC	0,837225	1	0,837225	0,02	0,8948
bloques	504,452	1	504,452	11,23	0,0101
Error Total	359,31	8	44,9137		
Total (corr.)	1208,22	15			

R-cuadrado = 70,2612 por ciento

ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA FRUCTOSA

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	195,44	1	195,44	7,58	0,0249
B:Humedad	0,0625	1	0,0625	0,00	0,9619
C:Luz	0,469225	1	0,469225	0,02	0,8960
AB	0,038025	1	0,038025	0,00	0,9703
AC	1,2769	1	1,2769	0,05	0,8295

BC	0,4761	1	0,4761	0,02	0,8953
bloques	289,51	1	289,51	11,23	0,0101
Error Total	206,292	8	25,7864		
Total (corr.)	693,565	15			

R-cuadrado = 70,2563 por ciento


ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA SACAROSA

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	364,81	1	364,81	7,58	0,0249
B:Humedad	0,1156	1	0,1156	0,00	0,9621
C:Luz	0,8836	1	0,8836	0,02	0,8956
AB	0,070225	1	0,070225	0,00	0,9705
AC	2,38702	1	2,38702	0,05	0,8294
BC	0,893025	1	0,893025	0,02	0,8950
bloques	540,795	1	540,795	11,24	0,0101
Error Total	385,064	8	48,133		
Total (corr.)	1295,02	15			

R-cuadrado = 70,2657 por ciento

ANEXO 4

CERTIFICADO DEL ANALISIS QUIMICO DE LA RAIZ DE YACÓN



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Av. Floral 1153, C.U. Telf. (051) 366080 IP: 20102 Casilla 291 e-mail: fca-una@eudoraimail.com



LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Nro. 0076-2015-LENA-EPIA

SOLICITANTE : Ing. David J. Ramos Hualpartupa
 PROCEDENCIA : Andahuaylas
 PRODUCTO : Tubérculos de Yacon
 ENSAYO SOLICITADO : Determinación de Azucares
 FECHA DE RECEPCION : 09 de Junio del 2015
 FECHA DE ENSAYO : 09 de Junio del 2015 y 04 de Agosto del 2015
 FECHA DE EMISION : 10 de Agosto del 2015


RESULTADOS:
 De acuerdo al Informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son:

		RESULTADOS DE AZUCARES							
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
OLIGOSACARIDOS (mg/g)	09/06/2015	54,90	54,90	54,90	54,90	54,90	54,90	54,90	54,90
	04/08/2015	51,28	53,76	53,76	52,49	36,81	30,56	33,12	34,40
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
INULINA (mg/g)	09/06/2015	13,60	13,60	13,60	13,60	13,60	13,60	13,60	13,60
	04/08/2015	10,11	12,50	12,50	11,27	3,87	9,91	7,44	6,20
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
GLUCOSA (mg/g)	09/06/2015	19,80	19,80	19,80	19,80	19,80	19,80	19,80	19,80
	04/08/2015	23,29	20,90	20,90	22,13	37,27	43,31	40,84	39,60
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
FRUCTOSA (mg/g)	09/06/2015	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
	04/08/2015	17,65	15,83	15,83	16,76	28,24	32,81	30,94	30,00
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
SACAROSA (mg/g)	09/06/2015	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50
	04/08/2015	24,12	21,64	21,64	22,91	38,59	44,84	42,28	41,00


Métodos utilizados en Laboratorio: Análisis Químico de los Alimentos Métodos Clásicos: Héctor Zumbardo Fernández, Instituto de Farmacia y Alimentos Universidad de la Habana 2004 . 436 pag.

CONCLUSIÓN : La muestra analizada de Tubérculos de Yacon CUMPLE con los requisitos de documentos de referencia
 Nota: Cualquier corrección y/o enmendadura aplica al presente documento (El Informe solo afecta a la muestra sometida a Ensayo).

Puno, C.U. 10 de Agosto del 2015



Ing. OSWALDO URBANI ALCA
 Control de Calidad de Alimentos
 LABORATORIO
 C.I.P. 160625



M. Alfredo Callebuanca P.
 DFCANO

ANEXO 5

FOTOS DEL TRABAJO EXPERIMENTAL



Selección de raíces de yacón



Clasificación de raíces de yacón



Muestras para evaluación



Cabinas para almacenamiento de yacón



Cabinas para almacenamiento de yacón



Raíces de yacón almacenados

ANEXO 6

ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR
PESO

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
M1	5	1452.750	290.550	129.138
M2	5	1380.000	276.000	152.500
M3	5	862.250	172.450	29.450
M4	5	1009.000	201.800	46.700
M5	5	599.000	119.800	12243.700
M6	5	490.250	98.050	8019.013
M7	5	484.000	96.800	3911.700
M8	5	503.000	100.600	4565.800

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	223275.186	7	31896.455	8.769	5.451E-06	2.313
Dentro de los grupos	116392.000	32	3637.250			
Total	339667.186	39				

ANEXO 7

ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR
HUMEDAD

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
M1	5	394.096	78.819	9.503
M2	5	398.404	79.681	12.710
M3	5	414.845	82.969	6.817
M4	5	418.014	83.603	8.015
M5	5	168.593	33.719	969.922
M6	5	167.232	33.446	933.097
M7	5	207.717	41.543	720.473
M8	5	201.200	40.240	730.528

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	19743.015	7	2820.431	6.654	6.834E-05	2.313
Dentro de los grupos	13564.262	32	423.883			
Total	33307.277	39				

ANEXO 8

ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR °BRIX

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
M1	5	92.000	18.400	1.300
M2	5	94.000	18.800	0.200
M3	5	93.000	18.600	0.300
M4	5	89.000	17.800	0.700
M5	5	124.000	24.800	36.200
M6	5	131.000	26.200	55.700
M7	5	127.000	25.400	44.800
M8	5	134.000	26.800	47.700

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	562.000	7	80.286	3.437	7.453E-03	2.313
Dentro de los grupos	747.600	32	23.363			
Total	1309.600	39				

ANEXO 9

ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR
OLIGOSACARIDOS

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	2	106.182	53.091	6.544
Columna 2	2	108.661	54.331	0.649
Columna 3	2	108.661	54.331	0.649
Columna 4	2	107.388	53.694	2.908
Columna 5	2	91.712	45.856	163.592
Columna 6	2	85.456	42.728	296.309
Columna 7	2	88.019	44.009	237.211
Columna 8	2	89.300	44.650	210.125

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	377.1867	7	53.8838	0.4696	0.8324	3.5005
Dentro de los grupos	917.9867	8	114.7483			
Total	1295.1734	15				

ANEXO 10

ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR
INULINA

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	2	23.706	11.853	6.104
Columna 2	2	26.100	13.050	0.605
Columna 3	2	26.100	13.050	0.605
Columna 4	2	24.871	12.435	2.713
Columna 5	2	17.470	8.735	47.336
Columna 6	2	23.510	11.755	6.808
Columna 7	2	21.040	10.520	18.973
Columna 8	2	19.800	9.900	27.380

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	33.9469	7	4.8496	0.3510	0.9072	3.5005
Dentro de los grupos	110.5248	8	13.8156			
Total	144.4717	15				

ANEXO 11

ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR
GLUCOSA

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	2	43.094	21.547	6.104
Columna 2	2	40.700	20.350	0.605
Columna 3	2	40.700	20.350	0.605
Columna 4	2	41.929	20.965	2.713
Columna 5	2	57.071	28.535	152.611
Columna 6	2	63.113	31.556	276.419
Columna 7	2	60.638	30.319	221.288
Columna 8	2	59.400	29.700	196.020

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	351.8674	7	50.2668	0.4696	0.8324	3.5005
Dentro de los grupos	856.3653	8	107.0457			
Total	1208.2327	15				

ANEXO 12

ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR
FRUCTOSA

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	2	32.647	16.324	3.503
Columna 2	2	30.833	15.417	0.347
Columna 3	2	30.833	15.417	0.347
Columna 4	2	31.765	15.882	1.557
Columna 5	2	43.235	21.618	87.587
Columna 6	2	47.813	23.906	158.643
Columna 7	2	45.938	22.969	127.002
Columna 8	2	45.000	22.500	112.500

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	201.944	7	28.8492	0.4696	0.8324	3.5005
Dentro de los grupos	491.486	8	61.4358			
Total	693.430	15				

ANEXO 13

Análisis de varianza de un factor
SACAROSA

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	2	44.6176	22.3088	6.5437
Columna 2	2	42.1389	21.0694	0.6485
Columna 3	2	42.1389	21.0694	0.6485
Columna 4	2	43.4118	21.7059	2.9083
Columna 5	2	59.0882	29.5441	163.5921
Columna 6	2	65.3438	32.6719	296.3091
Columna 7	2	62.7813	31.3906	237.2114
Columna 8	2	61.5000	30.7500	210.1250

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	377.187	7	53.8838	0.4696	0.8324	3.5005
Dentro de los grupos	917.987	8	114.7483			
Total	1295.173	15				