



UNIVERSIDAD
**SAN IGNACIO
DE LOYOLA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Agroindustrial y Agronegocios

“CARACTERIZACIÓN DE MACROCOMPONENTES EN PULPA CONGELADA DE TRES BIOTIPOS DE LÚCUMA (*Pouteria lucuma*)”

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial y
Agronegocios**

**MIRIAM GIANNINA ALEGRE CABALLERO
ASTRID MARIA DEL CARMEN TICSE AGUILAR**

**Asesor:
Dr. Fausto Cisneros Zevallos**

**Lima - Perú
2017**

JURADO DE LA SUSTENTACIÓN ORAL

.....
Presidente

.....
Jurado 1

.....
Jurado 2

Entregado el: 07 de febrero de 2017

Aprobado por:

.....
Graduando 1

Miriam Giannina Alegre Caballero

.....
Asesor de Tesis:

Fausto Cisneros Zevallos

.....
Graduando 2

Astrid María del Carmen Ticse Aguilar

UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Miriam Giannina Alegre Caballero, identificada con DNI N° 71403103, Bachiller del Programa Académico de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial y Agronegocios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Ignacio de Loyola, presento mi tesis titulada: Análisis químico de macrocomponentes en pulpa congelada de tres biotipos de lúcuma (*Pouteria lúcuma*).

Declaro en honor a la verdad, que el trabajo de tesis es de mi autoría; que los datos, los resultados y su análisis e interpretación, constituyen mi aporte. Todas las referencias han sido debidamente consultadas y reconocidas en la investigación.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad u ocultamiento de la información aportada. Por todas las afirmaciones, ratifico lo expresado, a través de mi firma correspondiente.

Lima, 07 febrero de 2017

.....

Miriam Giannina Alegre Caballero

DNI N° 71403103

UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Astrid María del Carmen Ticse Aguilar, identificada con DNI N° 73351559, Bachiller del Programa Académico de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial y Agronegocios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Ignacio de Loyola, presento mi tesis titulada: Análisis químico de macrocomponentes en pulpa congelada de tres biotipos de lúcuma (*Pouteria lúcuma*).

Declaro en honor a la verdad, que el trabajo de tesis es de mi autoría; que los datos, los resultados y su análisis e interpretación, constituyen mi aporte. Todas las referencias han sido debidamente consultadas y reconocidas en la investigación.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad u ocultamiento de la información aportada. Por todas las afirmaciones, ratifico lo expresado, a través de mi firma correspondiente.

Lima, 07 de febrero de 2017

.....

Astrid María del Carmen Ticse Aguilar

DNI N° 73351559

ΕΠÍΓΡΑΦΕ

“Everything must be made
as simple as possible.
But not simpler.”

(Albert Einstein)

INDICE

	Página
INDICE	7
INDICE DE TABLAS	10
INDICE DE FIGURAS	11
INDICE DE ANEXOS	12
DEDICATORIA	13
AGRADECIMIENTO	14
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
JUSTIFICACIÓN	19
OBJETIVOS	19
REVISIÓN DE LITERATURA	20
Lúcuma	20
Historia de la Lúcuma	20
Distribución geográfica	20
Aspectos botánicos	21
Clasificación botánica	21
Descripción de la planta	21
Biotipos	23
Cultivo y cosecha	23
Usos	24
Producción y comercialización	24
Nivel Nacional	24
Nivel Internacional	25
Almidón	27
Generalidades	27
La amilosa	27
La amilopectina	28
Relación amilosa / amilopectina	29
Morfología y Tamaño	30
Tamaño	30
Morfología	30
Apariencia y Tamaño	32
Almidón resistente	33
Fibra dietaria	33
Generalidades	33
Fuentes de fibra dietaria	34

Ingesta de fibra dietaria	36
Digestibilidad	36
Componentes y Clasificación	37
Fibra soluble	39
Pectina	39
Beta glucano	40
Gomas y mucílagos	41
Fructanos	41
Almidón resistente	44
Fibra insoluble	44
Celulosa	44
Hemicelulosa	45
Lignina	46
Cutina	47
Suberina	47
Atribuciones para la salud	47
Cardiopatía	48
Diabetes tipo 2	49
Índice de masa corporal	50
Deposiciones, producción de ácidos de cadena corta y cancer de colon	51
Efectos adversos	52
Cambios en macrocomponentes por la maduración	53
MATERIALES Y MÉTODOS	54
Lugar de Ejecución	54
Materia prima	54
Materiales	54
Equipos	54
Materiales	55
Métodos	55
Características generales	55
Análisis proximal	56
Fibra dietaria insoluble (FDI), soluble (FDS) y total (FDT)	56

Determinación de Hemicelulosa, Celulosa y Lignina	56
Azúcares totales	57
Forma y tamaño del gránulo del almidón	57
Contenido de amilosa	58
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
Características generales	59
Fruto	59
Pulpa	62
Análisis Químico Proximal	63
Fibra dietaria insoluble (FDI), soluble (FDS) y total (FDT)	63
Determinación de Hemicelulosa, Celulosa y Lignina	64
Hemicelulosa	65
Celulosa	66
Lignina	66
Azúcares totales	67
Forma y tamaño del gránulo de almidón	68
Contenido de amilosa	75
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	92

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1	Razón de amilosa y amilopectina en algunos almidones	29
Tabla 2	Influencia de la fuente en la composición de fibra dietaria	35
Tabla 3	Clasificación de la fibra según la solubilidad en agua	38
Tabla 4	Comparación entre tres tipos de fructanos	43
Tabla 5	Análisis inicial de la pulpa de lúcuma	62
Tabla 6	Análisis químico proximal de la pulpa de lúcuma	63
Tabla 7	Contenido de fibra dietaria en la pulpa de lúcuma	65
Tabla 8	Contenido de hemicelulosa, celulosa y lignina en la pulpa de lúcuma	65
Tabla 9	Contenido de azúcar según biotipo de lúcuma	68
Tabla 10	Tamaño promedio del gránulo de los almidones	69
Tabla 11	Porcentaje de amilosa según biotipo de lúcuma	75

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Fig.1 Estructura química de la amilosa	28
Fig. 2 Estructura química de la amilopectina	28
Fig. 3 Anillos de crecimiento, alternancia entre partes amorfas y semicristalinas	31
Fig. 4 Formación del gránulo de almidón	32
Fig. 5 Estructura química de pectina de alto y bajo grado de metoxilo	40
Fig. 6 Beta glucano de avena	40
Fig. 7 Estructura química de la inulina	42
Fig. 8 Estructura química de la celulosa	44
Fig. 9 Estructura química de la hemicelulosa	45
Fig. 10 Estructura química de la Lignina	46
Fig. 11 Corte transversal de los tres biotipos de lúcuma en estado de maduración inicial	59
Fig. 12 Forma de tres biotipos de lúcuma	60
Fig. 13 Maduración por día de la lúcuma	61
Fig. 14 Color de pulpa de lúcuma	63
Fig. 15 Micrografías de gránulos de almidón a X1000: (A) María Belén (B) Trompito	71
Fig. 16 Micrografías de gránulos de almidón a X1000: (C) Beltrán (D) Maíz	72
Fig. 17 Micrografías de gránulos de almidón a X3000: (A) María Belén (B) Trompito	73
Fig. 18 Micrografías de gránulos de almidón a X3000: (C) Beltrán (D) Maíz	74

ÍNDICE DE ANEXOS

		Página
Anexo 1	Matriz de consistencia	93
Anexo 2	Producción de frutas, según departamento, 2013 (Toneladas métricas)	94
Anexo 3	Producción mensual de lúcuma por región	96
Anexo 4	Producción y destino de la lúcuma en Chile	97
Anexo 5	Exportación de lúcuma según presentación 2011-2015	98
Anexo 6	Exportaciones del producto lúcuma según sus principales presentaciones en KG 2015	99
Anexo 7	Países de destino de las exportaciones de lúcuma -2015	100
Anexo 8	Principales importadores de pulpa de fruta 2011-2015	101
Anexo 9	Principales exportadores de pulpa de fruta 2011-2015	102
Anexo 10	Comparación de formas de fruto de lúcuma	103
Anexo 11	Micrografías del almidón de Mango, Manzana y Banano	104
Anexo 12	Curvas estándar y valores de absorbancia utilizados para el cálculo del contenido de azúcares totales	105
Anexo 13	Curva estándar y valores de absorbancia utilizados para el cálculo del contenido de amilosa	107
Anexo 14	Resultados del análisis estadístico ANOVA de un factor y prueba de TUKEY	108

DEDICATORIA

A todas las personas que deseen
investigar y hacer conocidos los
productos de la biodiversidad
peruana.

AGRADECIMIENTO

A nuestras familias por el apoyo incondicional brindado durante todos estos meses de arduo trabajo. A nuestro asesor el Dr. Fausto Cisneros por su ayuda y dedicación en esta investigación, así como al Dr. Luis Cisneros por su confianza. Al personal del laboratorio de USIL por su asistencia en nuestras labores. To our friends from Texas A&M for their permanent support and hospitality.

RESUMEN

En la presente investigación se analizaron químicamente los macrocomponentes de la pulpa de lúcuma congelada de los biotipos María Belén, Beltrán y Trompito que contaban con las mismas características químicas de exportación.

En la determinación de la fibra dietaria y sus componentes se obtuvieron composiciones de entre 1.98% y 1.37% de fibra soluble, 13.81% y 12.26% de fibra insoluble, 10.85% y 0.31% de hemicelulosa, 5.62% y 3.01% de celulosa, 3.42% y 0.49% de lignina. La más alta concentración de fibra dietaria se dio en Trompito con 15.18% y la más baja en María Belén con 13.75%.

En el caso de la determinación del contenido de azúcares y amilosa se obtuvo un contenido de azúcares de entre 663.2 mg/gr y 473.2 mg/gr y de amilosa entre 20.10% y 16.66%.

Se encontró una diferencia significativa en los tres biotipos en lo que refiere al contenido de azúcares y para el contenido de amilosa en almidón; mientras que la fibra dietaria total no presenta diferencia significativa entre los biotipos. Se analizaron las microscopias de los gránulos de almidón donde se obtuvieron medidas muy similares entre los biotipos, siendo estas de forma casi esférica y parecida a la de frutas como el mango (*Mangifera indica* L.) y manzana (*Granny Smith* variety).

En base a los resultados obtenidos se pudo concluir que no existen diferencias significativas entre los tres biotipos de lúcuma. Además que el contenido de fibra dietaria es aceptable para considerar un posible efecto fisiológico positivo.

Palabras clave: Lúcuma, fibra dietaria, azúcares, amilosa, almidón.

ABSTRACT

In this research we did a chemical analysis of the macrocomponents of frozen lucuma pulp of the biotypes Maria Belen, Beltran and Trompito which had the same chemical characteristics as the product exported. The research is focused in assays of dietary fiber, total sugars and starch.

At dietary fiber and insoluble fiber components determination soluble fiber content was between 1.98% and 1.37%, insoluble fiber content was between 13.81% and 12.26%, hemicellulose results showed values between 10.85% and 0.31%, cellulose between 5.62% and 3.01% and lignin between 3.42% and 0.49%. The highest concentration of dietary fiber was in Trompito with 15.18% and the lowest in María Belén with 13.75%.

At total sugars and amylose determination sugar content was between 663.2 mg/gr and 473.2 mg/gr; and amylose content was between 20.10% and 16.66%. The higher sugar concentration was in Beltrán and the lowest in María Belén. There was a meaningful difference for sugar and amylose content between the three biotypes, on the other hand there was no significant difference of the total dietary fiber between biotypes.

The micrographs of the starch granules were analysed and obtained similar measures between the biotypes, being the granules almost spherical and alike to mango (*Mangifera indica* L.) and apple (*Granny Smith* variety) starch granule.

Based on results we can conclude that the dietary fiber content is acceptable in order to consider a possible positive physiological effect.

Key words: Lucuma, dietary fiber, sugars, amylose, starch.

INTRODUCCIÓN

La lúcuma es un cultivo nativo que se localiza en el Perú, Ecuador y Chile (Geilfus & Bailón, 1994). Se tiene conocimiento que el uso de este fruto en el Perú se ha dado desde épocas anteriores al incanato por las evidencias mostradas en las culturas Mochica, Chimú, Vicús, Lambayeque y Nazca (Agroenfoque, 2001).

La mayor producción de Lúcuma se localiza en los departamentos de Ayacucho, Cajamarca, Ancash, Moquegua y Lima (Minagri, s.f.), siendo los valles de Huaral, Cañete, Chíncha y Huacho los que producen frutos de calidad con fines de exportación (Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior, 2015)

La lúcuma puede producirse en grandes cantidades en la costa y sierra del país; sin embargo, en la industria de alimentos no se explotan sus beneficios más allá del sabor y color característico. Este fruto presenta un elevado valor nutricional, además de ser una gran fuente de carbohidratos, donde se pueden identificar los carbohidratos no digeribles como la fibra dietaria, la cual es beneficiosa para la salud y catalogaría a la lúcuma como un alimento funcional.

La tendencia de mercados en estos últimos años demuestran que se ha incrementado el consumo de los alimentos y bebidas funcionales, evitando la compra de vitaminas y suplementos dietéticos (Feldman, 2015).

El consumo de alimentos funcionales se da con mayor auge en los países industrializados y se pronostica el crecimiento continuo de esta demanda, la cual desea el aumento de esperanza de vida, prevalencia frente a enfermedades y es consciente de la fuerte relación entre la salud y la dieta (Kearney, 2010).

Considerando que la pulpa de lúcuma congelada es una de las formas de exportación más común de este fruto; y teniendo en cuenta las nuevas tendencias de mercado y la falta de información respecto a las características funcionales de la lúcuma, es de importancia analizar la composición de los carbohidratos digeribles y no digeribles, pues expondrá características poco conocidas de este fruto que serían de interés tanto para el

consumidor que desea cuidar su salud como para la industria que podría desarrollar productos y satisfacer esa demanda.

JUSTIFICACIÓN

La lúcuma puede producirse en grandes cantidades en la costa y sierra del país; sin embargo, en la industria de alimentos no se explotan sus beneficios más allá del sabor y color característico. Este fruto presenta un elevado valor nutricional, dentro del grupo de macrocomponentes se encuentran los carbohidratos, y dentro de ellos los no digeribles que forman parte de la fibra dietaria y que generan efectos beneficiosos para la salud, pudiendo considerarse como funcional.

La tendencia de mercados en estos últimos años demuestran que se ha incrementado el consumo de los alimentos y bebidas funcionales, evitando la compra de vitaminas y suplementos dietéticos (Feldman, 2015).

El consumo de alimentos funcionales se da con mayor auge en los países industrializados y se pronostica el crecimiento continuo de esta demanda, la cual desea el aumento de esperanza de vida, prevalencia frente a enfermedades y es consciente de la fuerte relación existente entre la dieta y la salud (Kearney, 2010)

Considerando las nuevas tendencias de mercado y la falta de información respecto a las características funcionales de la lúcuma, es de importancia analizar los macrocomponentes de los biotipos más comunes utilizados para el procesamiento del fruto, pues expondrá características poco conocidas de este fruto y nos permitirá diferenciarlas entre los biotipos, siendo de interés tanto para el consumidor que desea cuidar su salud como para la industria que podría desarrollar productos y satisfacer esa demanda.

OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar los macrocomponentes de la pulpa de lúcuma de tres biotipos (Beltrán, Trompito y María Belén)

Objetivos específicos

- Caracterizar el almidón
- Caracterizar la fibra dietaria
- Cuantificar los macrocomponentes

REVISIÓN DE LITERATURA

Lúcuma

Historia de la Lúcuma.

La producción de la Lúcuma se originó hace mucho tiempo atrás en los valles interandinos de los países de Ecuador, Perú y Chile (Geilfus, 1994). En el Perú desde épocas preincaicas, existen pruebas de su uso; se pueden encontrar huacos sobre este fruto en diversas culturas como Mochica, Chimú, Vicús, Lambayeque y Nazca (Agroenfoque, 2001) así como se han encontrado restos de esta a modo de ofrendas en el templo del dios Pachacámac; según Balbi, las primeras evidencias datan de los 8000 años a.c. en el callejón de Huaylas, Ancash (Balbi, 2003).

Posteriormente, en la época de la conquista, relatos de historiadores informan que la distribución de este fruto era abundante; se describen como departamentos de origen del fruto a Ancash, Cajamarca, Ayacucho y Lima (Franciosi, 1992).

Distribución geográfica.

Según Brack (1999) se encuentran plantaciones de lúcuma en la costa, sierra y selva alta del Perú. Sin embargo, Balbi sólo considera los valles interandinos y costeros del país, ya que se favorece el crecimiento de la lúcuma en climas con temperaturas uniformes entre 20 y 22 °C, climas muy calurosos o con inundaciones no permiten el crecimiento de este fruto (Balbi, 2003).

Este fruto crece en suelos profundos, drenados y abundante en materia orgánica en alturas desde 100 hasta 3000 m.s.n.m. (Geilfus, 1994). Los departamentos con producción mayor de lúcuma en el Perú son Ayacucho, Lima, Cajamarca y Huancavelica y La Libertad (Balbi, 2003).

Aspectos botánicos.

Clasificación botánica.

Género: Pouteria

Familia: Sapotaceas

Sub-familia: Chrysophyllaldeas

Nombre científico: Pouteria Lúcuma (R&P) Kuntze

Nombre común: Lúcuma (Perú); Logna y Lucmu (Ecuador); Lúculo Coquimbo (Chile)

(USDA, 2016; Brack, 1999)

Descripción de la planta.

El lúculo es un árbol que alcanza una altura entre 6 a 15 m de alto, posee copa ancha y follaje brillante (Brack, 1999). Presenta látex en los tejidos epidérmicos y parenquimáticos, la cual es una característica propia de las sapotáceas (Villanueva, 2001).

Las hojas se caracterizan por ser pecioladas alternas y coriáceas de borde entero. Existe una variación de las láminas debido a los diferentes biotipos existentes, algunos presentan forma lanceolada, elíptica, otros oval, oblonga con ápice obtuso, agudo o escotado. El largo de la lámina es de entre 6 a 25 cm con un ancho entre 3 y 10 centímetros. (Villanueva, 2001). Se aprecian tonalidades entre verde claro a rosado, a medida que se vuelven adultas se van opacando cambiando a verde oscuro. Existen algunos cultivares que presentan bordes ondulados (Franciosi, 1992).

El lúculo posee flores hermafroditas, cuyo color varía entre verde a marrón claro, se encuentran de manera individual o en grupo de máximo 4 flores. Al alcanzar un diámetro de 6 a 7 mm las flores permiten la recepción del polen. El tipo de polinización es entomófila (Franciosi, 1992; Villanueva, 2001).

El cáliz de la flor del lúculo posee 5 sépalos libres. Los tonos de este pueden ser verde o pardo rojizo y se conserva hasta la madurez. La corola consta de 5 a 7 pétalos que juntos forman un cilindro de 15 mm de largo (Villanueva, 2001).

Al centro de la corola se unen 5 estambres concrecentes. En adición el androceo posee entre los pétalos 5 estaminodios lineales, que poseen una longitud mayor a la de los estambres. Posee un ovario súpero subcónico esférico, posee de 4 a 5 estilos rectos y obtusos de una longitud mayor a la corola (Villanueva, 2001).

Existe gran diversidad de biotipos no caracterizados que se encuentran en nuestro país en diferentes estadíos fenológicos, es por eso que se dice que este frutal se encuentra todo el año en floración. Generalmente en los meses de calor la mayoría de biotipos florea, disminuyendo esta etapa de manera proporcional hasta que el invierno finalice, para reiniciar con el ciclo (Villanueva, 2001).

El fruto se desarrolla en las ramas jóvenes (Brack, 1999); se caracteriza por ser una baya globosa, esférica, cónica que presenta un diámetro de 4 a 30 cm con un ápice apiculado sesgado o depreso. El color de la lúcula es variable posee tonalidades entre amarillas, naranjas y verdes amarillento (Villanueva, 2001). El exocarpo que presenta es delgado de color verde o amarillo bronceado (Franciosi, 1992).

La pulpa posee tonalidades de color amarillo y anaranjado, la consistencia va a depender del tipo, esta puede ser blanda del tipo *Seda* o dura del tipo *Palo* (Franciosi, 1992). Su sabor es delicadamente dulce y presenta aromas atrayentes constituidos por cien compuestos químicos en cantidades y proporciones extremadamente variables. (Balbi, 2003). Posee semillas de forma ovoide a esférica con un diámetro de 2 a 3 cm. Estas se encuentran protegidas por una cáscara denominada episperma, la cual posee un tono marrón claro a oscuro. El número de semillas es variable, según Brack se encuentran de 1 a 2 semillas grandes por fruto (Brack, 1999) sin embargo, Villanueva afirma que se pueden encontrar de 1 a 5 por fruto e incluso existe una variedad en el Perú que no posee semillas. En investigaciones anteriormente realizadas se confirma la presencia de frutos partenocárpicos (sin pepa), sin embargo, esta puede ser causada artificialmente al agregar durante la floración ácido giberélico (Villanueva, 2001).

Al sembrar la semilla de este árbol se debe esperar entre 10 a 15 años para la producción. Sin embargo, en la actualidad se puede obtener frutos a partir de los 24 a 36 meses utilizando injertos (Villanueva, 2001).

Biotipos.

En el Perú la lúcuma presenta dos tipos principales de clasificación; la lúcuma de palo y la lúcuma de seda. (Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior, 2016). La norma regional del codex para la lúcuma diferencia a estos dos tipos de lúcuma según la firmeza de la pulpa, siendo la lúcuma de seda de una firmeza blanda a semi-dura, y la de palo, dura. Así mismo, se reconoce la existencia de una amplia cantidad de biotipos (sobre todo silvestres) distribuidos en las diferentes regiones donde se produce (Codex Alimentarius, 2011).

Cultivo y cosecha.

Según Geilfus, la propagación del lúcumo se puede dar de dos formas; por germinación de la semilla sin cáscara, colocándola en agua a temperatura ambiente por 24 horas y luego sembrándola en tierra bien drenada puede tomar de 1 a 3 meses en germinar y ya como plántulas están preparadas para el trasplante al tener entre 30 y 40 cm de alto. Por injerto, donde se tiene dificultad por la alta producción de látex, las yemas comienzan a crecer a los 30 - 40 días y se debe trasplantar cuando la plántula tiene 10 cm de alto y 6 hojas lo cual sucede entre los 5 y 6 meses de iniciado el tratamiento. Para la plantación debe mantenerse una distancia de entre 6 y 8 metros.

Geilfus (1994) indica que el árbol de lúcuma produce a partir del cuarto y quinto año y se obtiene de 300 a 500 frutas anuales. La época de cosecha es de 8 meses y un árbol tiene un tiempo de vida de hasta 60 años produciendo. El fruto tiene un peso de entre 100 a 200 gramos cada uno. Por otro lado, Balbi (2003) detalla que para plántulas provenientes de injertos se debe esperar producción a partir del cuarto año y para el caso de plántulas originarias por germinación de semillas, son cinco años. Sin embargo, la mejor edad para la cosecha es después del décimo año donde se puede obtener de 200 a 300 frutos por árbol.

Dentro de las plagas que la pueden afectar se encuentran la mosca de la fruta, gusanos perforadores del fruto, moscas blancas, cochinillas y gusanos del brote y en el caso de las enfermedades se ha reportado el mildiu (hongo *Oidium*) (Geilfus, 1994).

Usos.

La lúcuma es consumida en estado fresco o procesado, como pulpa o harina (Mincetur, s.f.). A nivel comercial la pulpa se utiliza en la industria heladera y pastelera con la ventaja de conservar sus propiedades organolépticas y nutricionales. Por otro lado, la harina de lúcuma se utiliza en su mayoría para la elaboración de helados, galletas o yogures (Álvarez et al., 2006). Como polvo esta posee un sabor distintivo dulce pudiéndose utilizar como edulcorante natural sin incrementar el nivel de azúcar, además permite emulsionar las grasas y aceites con azúcares y polisacáridos (Gord, 2015).

En los últimos años se ha empleado un nuevo método para procesamiento de lúcuma que es el liofilizado o freeze dry en donde se seca el producto al someterlos a bajas temperaturas y presión por un corto tiempo de manera que se mantengan las propiedades organolépticas y nutricionales de este fruto (Álvarez et. al., 2006).

Producción y comercialización.

Nivel Nacional.

Según “El perfil de mercado y competitividad exportadora de la Lúcuma” elaborado para Mincetur, entre los años 1997 y 2002 la producción de Lúcuma creció a razón de 15% por año, con un aumento en el rendimiento por hectárea de 0.8% anual; según se indica, el rendimiento por hectárea podría incrementarse aún más, pero ello depende de la mejora en la calidad de los biotipos utilizados lo cual también aumentaría el rendimiento en su procesamiento.

En el estudio se identificaron los rendimientos por zona de producción en el año 2002, dentro de las cuales Lima resultó la zona con mayor producción de esta fruta con 3.9 mil TM y un rendimiento de 9.3 TM/Ha, mientras que Piura muestra el mayor rendimiento con 19.7 TM/Ha y una producción de 235 TM. (Mincetur, s.f)

Posteriormente, en el compendio estadístico Perú 2014 del INEI se observa que en el año 2013 Lima sigue siendo la región con mayor producción con 9.3 mil TM representando un 64.95% del total producido en el país y un rendimiento de 11 TM/Ha, por otro lado, el mayor rendimiento lo presentó Ancash con 11.16 TM/Ha con una producción de 168 TM.

De forma general se aprecia un crecimiento sostenido en la producción total de lúcuma en el país, pasando de 10.8 mil TM en 2007 a 14.4 mil TM en 2013, contando con una superficie total cultivada de 1,536 ha.

Por otro lado, el Anexo 2 muestra el nivel de producción de Lúcuma por región siendo esta la información más actualizada con la que se cuenta, podemos resaltar que después de Lima, las regiones o subregiones más representativas son Lima Metropolitana (15.1%), Ica (11.6%) y La Libertad (8.3%). (Minagri, 2013)

Respecto a la producción nacional por meses, en el Anexo 3 se puede apreciar la comparación del periodo de producción de Lúcuma brindado por el Ministerio de Agricultura y Riego con el nivel de producción mensual por Región o Subregión. Se observa que los meses desde febrero a abril son los de más alta producción; cabe destacar a la región de Ayacucho que es la única que presenta una producción casi constante durante todo el año, lo cual se puede deber a la temperatura favorable y constante que se presenta todo el año.

Por otro lado, respecto al mercado y la comercialización, la cadena productiva de la Lúcuma posee dos canales para el consumo nacional. El primero es por el expendio en mercados mayoristas y luego minoristas para consumo directo y el segundo es por ventas en volúmenes más grandes a empresas industriales para la transformación en pulpa congelada y/o harina con destino a la industria panificadora y láctea, resaltando el sector heladero con empresas como Nestlé (Álvarez et al., 2006).

Nivel Internacional.

Perú es el principal productor de lúcuma en el mundo, para el 2002 representó el 88% de la producción mundial, seguido de Chile que representó el 12% restante. Países como Ecuador y Brasil tienen producción ínfima (Mincetur, s.f).

A diferencia de Perú, Chile presenta producción alta de junio a noviembre (Del Castillo, 2006). En el Anexo 4 se observan los resultados de los catastros frutícolas desarrollados en los años 2011, 2013 y 2014; la superficie cultivada abarca 242.65 ha y se tiene una producción estimada de 555.9 Tn.

Las regiones con producción de este fruto son Valparaíso, Coquimbo y Metropolitana de Santiago. Según lo reportado, el destino de la producción en Coquimbo es totalmente para mercado interno como fresco, mientras que en

Valparaíso la mayoría (91.8%) es para agroindustria la cual se estima también es para consumo interno.

Por otro lado, respecto al mercado y comercialización, la lúcuma se exporta en fresco o procesada, ya sea en pulpa congelada, harina, u otros productos más elaborados.

Considerando el periodo de 2011-2015 de las exportaciones de lúcuma y productos a base de esta; se tuvo una variación negativa para el año 2014 con un valor FOB de \$ 2'064,115.78; Sin embargo, la recuperación se mostró positiva el año 2015 se tuvo un valor FOB de \$ 3'244,309.07. (ver Anexo 5)

Las principales presentaciones fueron en harina (38%) y pulpa congelada (32.7%) según el valor FOB en US\$; se pueden observar también la exportación en fresco, bebidas y otras presentaciones procesadas. En cuanto a kg exportados, la pulpa congelada representa un 61.17% y la harina el 20.59%. (ver Anexo 6)

Para el año 2015 los mercados de destino en orden de importancia son Estados Unidos (33.84%), Chile (26.98%), Reino Unido (16.15%), Alemania (5.27%) entre otros (ver Anexo 7) los mercados se han diversificado pues información histórica indica que años anteriores como en 1995 los mercados eran Estados Unidos (58.7%), Chile (41.1%) e Italia (0.2%) (Mincetur, s.f).

Según un estudio realizado por Mincetur, Chile destina gran parte de sus importaciones de lúcuma para la industria heladera, así como la mayoría de países importadores de pulpa congelada, la cual también tiene como destino la fabricación de postres y jugos o hasta la reexportación.

Dentro de los 10 principales países importadores de pulpas de fruta congelada en el 2015 (ver Anexo 8) se encuentran Estados Unidos (23.6%), Alemania (9.6%), Francia (6.7%) y Japón (6.1%). Por otro lado, en el caso de los exportadores de pulpas, en el 2014 se encuentran Canadá (12.2%), Estados Unidos (8.4%), Polonia (8.2%), Chile (6.5%) y en 9no lugar Perú (3.3%) (ver Anexo 9).

Almidón

Generalidades.

El almidón se encuentra como hidrato de carbono en forma de gránulos, principalmente se localizan en tejidos vegetales como reserva y poseen una forma y tamaño característico que depende de cada especie vegetal. (Coultate, 1998; BeMiller & Huber, 2008)

El almidón es un polisacárido amiláceo compuesto por 10 a más monómeros de seis carbonos de D-glucosa (Aranera, 2015). El polímero se compone de D-glucopiranosas unidos por los enlaces glucosídicos alfa 1,4 y alfa 1,6. La D-glucopiranosas tiene en su composición un aldehído muy reactivo ubicado en el carbono 1 (C1) que lo hace un azúcar reductor, al estar este libre provoca que el almidón sea siempre reductor. Los enlaces glicosídicos del almidón se ubican en el enlace alfa, debido a la orientación del grupo hidroxilo en el carbón 1 (C1) de la piranosas, este enlace permite formar estructuras helicoidales, que pueden causar diferencias notables de estructura, propiedades fisicoquímicas y susceptibilidad a ciertas enzimas.

El almidón se divide principalmente en dos tipos de polímeros la amilosa que es lineal y la amilopectina que es ramificada y larga. Estas diferencias en las estructuras dan lugar a propiedades y funciones diferenciadas del almidón (Coultate, 1998; Thomas & Atwell, 1999).

La amilosa.

Es un polímero lineal, cuya gran parte de su estructura está compuesta por D-glucopiranosas asociados por enlaces alfa 1,4 como se observa en la Fig. 1. Por lo general la amilosa es representada de manera lineal, sin embargo, en su mayoría es helicoidal debido a que la unión de los enlaces de D-glucopiranosas se enrolla hacia la derecha (BeMiller & Huber, 2008).

La unión con lípidos, particularmente con mono- y diglicéridos es una propiedad muy conocida de las hélices de la amilosa. El complejo de amilosa con grasas o emulsificantes como son los mono- y diglicéridos pueden modificar las características

de gelatinización, como la temperatura, textura, viscosidad y limitar la retrogradación. (Thomas & Atwell, 1999)

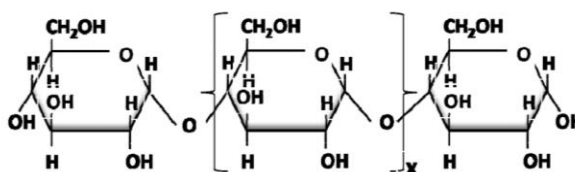


Fig. 1. Estructura química de la amilosa

Fuente: Estructura química de la amilosa, cadena lineales con enlaces glucosídicos α -(1 $\rightarrow$ 4) principalmente. En "Los almidones resistentes y la salud" por Quiroga, C. 2008. UPB - Investigación & Desarrollo, No. 8: 131 - 142.

La amilopectina.

La amilopectina se encuentra en mayor cantidad que la amilosa, comprende alrededor del 75 % del almidón (BeMiller & Huber, 2008). La amilopectina está compuesta por segmentos de glucosa unidas por los enlaces alfa 1,4 y ramificaciones unidas por enlaces alfa 1,6. En la Fig. 2 se observa la estructura química de la amilopectina. Debido a que la amilopectina por naturaleza posee una gran cantidad de ramificaciones sus propiedades difieren de la amilosa, haciendo así que las retrogradación sea más lenta y la formación de geles pueda prevenirse o retrasarse (Thomas & Atwell, 1999). Si se posee almidones cuyo contenido consta únicamente de amilopectina se conocen como céreos, ya que al momento de cortarlo la superficie posee un aspecto vítreo (BeMiller & Huber, 2008).

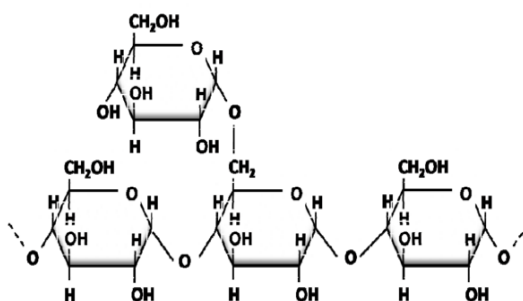


Fig. 2. Estructura química de la amilopectina

Fuente: Estructura química de la amilopectina, cadenas ramificadas con enlaces glucosídicos α -(1 $\rightarrow$ 4) y α -(1 $\rightarrow$ 6). En "Los almidones resistentes y la salud" por Quiroga, C. 2008. UPB - Investigación & Desarrollo, No. 8: 131 - 142.

Relación amilosa / amilopectina

El contenido de los gránulos de almidón se puede dividir en dos grupos: en el primero se encuentran la amilosa y amilopectina y en el segundo, en menor cantidad, proteínas y lípidos (Hamaker et al., 2004).

La razón de amilosa/amilopectina y su estructura depende de su origen botánico. Los almidones regulares contienen aproximadamente de 70 a 80 % de amilopectina y de 20 a 30% de amilosa. Los almidones cerosos poseen menos de 10 % de amilosa y los almidones con alto contenido de amilosa contienen más de 40% (Tester et al., 2004).

La razón de amilosa/amilopectina en un almidón es un punto importante a considerar, ya que este afectará la funcionalidad del almidón (Thomas & Atwell, 1999), influenciando en la solubilidad, temperatura de gelatinización, viscosidad, gelación y retrogradación, por ende representan parámetros importantes en el control de calidad de productos a base de almidón o de harina (Schirmer, et al., 2013). Además la proporción amilosa/ amilopectina permite identificar si el almidón es resistente, considerando así a los almidones que poseen una proporción alta de amilosa. (Gray, 2006)

En la tabla 1 se aprecia la razón de amilosa y amilopectina de algunos almidones

Tabla 1.

Razón de amilosa y amilopectina en algunos almidones

source	amylose (%)	amylopectin (%)
potato	21	79
maize	28	72
wheat	26	74
tapioca	17	83
waxy maize*	-	100

Fuente: Ratio of amylose and amylopectrin in some starches. En "Starch". Recuperado de <http://www.food-info.net/uk/carbs/starch.htm>

Morfología y Tamaño.

Debido a que no se han analizado los gránulos de almidón de la lúcuma se revisaron investigaciones de otros alimentos con alto contenido de almidón de los cuales existe información sobre la morfología y tamaño de sus gránulos, es así que se nos permitirá comparar estas características obtenidas con las existentes.

Tamaño.

El almidón se encuentra almacenado en forma de pequeños gránulos con un tamaño y apariencia característico de cada especie (DeMan, 1999).

El tamaño del grano influye en ciertas propiedades funcionales que caracterizan a los gránulos de almidón, en un estudio realizado por Delpeuch y Favier (1980) se concluye que los gránulos pequeños son más sensibles a la digestión por las alfa-amilasas, además de tener una velocidad de solubilización baja y resistir temperaturas de esterilización.

Morfología.

Como se ha descrito anteriormente el almidón está compuesto principalmente de amilosa y amilopectina, ambos polímeros se encuentran formando láminas finas, cada una consta de aproximadamente 100 cadenas de doble hélices de amilopectina a la cual la amilosa se incorpora con un mecanismo aún desconocido.

El gránulo consta de anillos de crecimiento donde aproximadamente el 70% es amorfo y 30% es semicristalino. La amilosa se encuentra en mayor proporción y se encuentra en las zonas cristalinas al contrario de la amilopectina que se encuentra en las zonas amorfas. Los anillos de crecimiento se encuentran alternados como se observa en la Fig. 3. y engloban a un núcleo o hilio (Belitz & Grosch, 1992; Van der Burgt et al., 2000; Cornuéjols & Pérez, 2010).

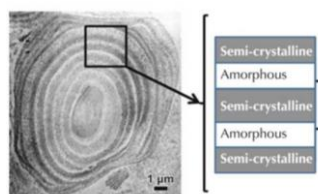


Fig. 3. Anillos de crecimiento, alternancia entre partes amorfas y semicristalinas

Fuente: Anillos de crecimiento, alternancia entre partes amorfas y semicristalinas. En " Starch: a structural mystery " por Cornuéjols, D. y Pérez, S. 2010. Science in School. 14: 22-27.

En el almidón solo del 15% al 45% del gránulo es cristal. Los cristales de este se clasifican en tres; la estructura del cristal tipo A son monoclinicos. La estructura del cristal tipo B es parecida a la del tipo A, sin embargo, la estructura del cristal y el contenido de agua difieren. Con respecto al cristal tipo C se dice que es una mezcla del cristal tipo A y B, ya que tiene la misma estructura que el primero, pero un ángulo de difracción igual al segundo.

Luego de la gelatinización la amilosa puede formar un cristal tipo V, este sería un complejo formado de amilosa con ácidos grasos, fosfolípidos u otras moléculas polares, es de forma helicoidal con moléculas de anhidroglucosa (Pérez et al., 1992).

Los cristales tipo B y C que se encuentran en almidón de papa y banana respectivamente, estos presentan mayor resistencia a la digestión que los cristales tipo A que generalmente se encuentra en el maíz, ya que las enzimas hacen hoyos en él y actúa del interior al exterior del gránulo. Para el caso de tipo B y C la enzima actúa en la superficie (Liu, 2005).

Como se nombró anteriormente el gránulo de almidón tiene zonas suaves que son susceptibles a la digestión. Dentro de las primeras zonas se forman canales de endocorrosión facilitando la hidrólisis en cada anillo que compone el gránulo de almidón. En las zonas duras se pueden encontrar "Blocklets" a los que se les atribuye la resistencia a la hidrólisis (Pérez et al., 1992)

En la figura 4 se puede observar cómo se compone el gránulo de almidón desde el monómero de glucosa hasta los anillos de crecimiento que dan como producto un gránulo de almidón.

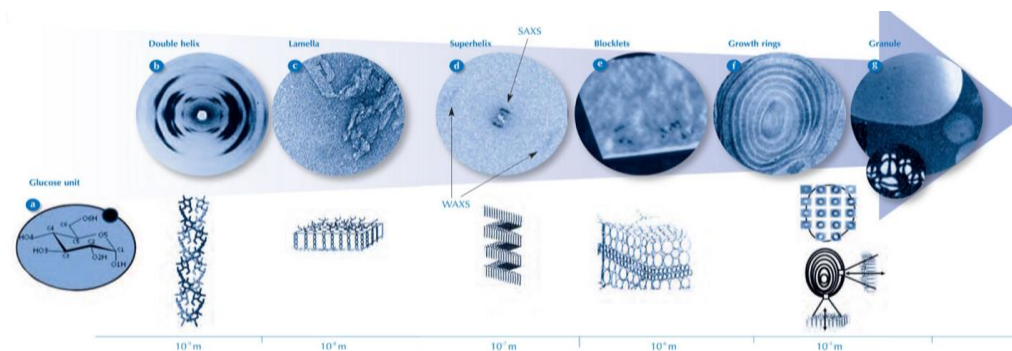


Fig. 4. Formación de gránulo de almidón.

Fuente: (a) Molécula de glucosa. (b) Doble hélice. (c) Lámina, (d) Superhélice. (e) Blocklets. (f) Anillos de crecimiento. (g) Gránulo de almidón. En " Starch: a structural mystery " por Cornuéjols, D. y Pérez, S. 2010. Science in School. 14: 22-27.

Apariencia y Tamaño.

Siguiendo con lo anterior se sabe que los gránulos de almidón difieren de apariencia y tamaño, ya que estos son característicos de cada especie. Salas y Medina (2008) afirman que la forma del gránulo se desarrolla en función al tamaño del hilum o centro, si el gránulo es grande el hilum es lineal y central haciendo que crezca de manera irregular, en el caso de ser pequeño el hilum es un punto concéntrico y la forma el gránulo es más circular, ya que el gránulo crece de manera equi-radial. (Salas & Medina, 2008)

En el caso del maíz el gránulo de almidón tiene un centro concéntrico, es poligonal en el plano y poliédrica en el espacio, además presenta una superficie rugosa. Al poseer un centro concéntrico nos da a entender que el gránulo de almidón de maíz es redondo sin embargo, tiene fallas que son poliédricas dando a conocer que su estructura es mixta. En la investigación realizada por Salas y Medina (2008) se obtuvieron gránulos con un tamaño de entre 1.72 a 29.15 μ m sin embargo, en la teoría se afirma que la medida del diámetro de los gránulos está entre 5 y 20 μ m (Jane, 2009).

Al ser el producto analizado una fruta puede también ser comparado con el gránulo de almidón de banano (*Musa acuminata* AAA), este posee un diámetro de 29.3 a 48.53 μ m y un diámetro transversal de 16.6 a 40.55 μ m, además de ser elipsoidal y elongada. (Lucas-Aguirre, 2014)

Almidón resistente.

El almidón resistente es definido como la parte de almidón que no es hidrolizada en el intestino delgado pero puede fermentarse por la microflora en el colón (Englyst et al., 1992 en Yue & Waring, 1998).

La atención a esta clase de almidón se debe a que permite el incremento de la fibra dietaria total en los alimentos, además posee propiedades funcionales que benefician la calidad y desarrollo de productos de humedad moderada y con bajo contenido de granos, favoreciendo así la expansión y textura (Yue & Waring, 1998).

El almidón resistente (RS por sus siglas en inglés) se encuentra en una gama de alimentos que contienen proporciones variadas de carbohidratos, este se subdivide en 4 fracciones o tipos: RS1, RS2, RS3 y RS4.

RS1: Representa al almidón que es físicamente inaccesible. Se encuentra generalmente en granos molidos, semillas y legumbres.

RS2: Representa al almidón que está en una cierta forma granular y resistente a la digestión enzimática. Las papas crudas, el banano verde y el maíz de alto contenido de amilosa poseen este tipo de almidón.

RS3: Es el fragmento de almidón que más resiste y es principalmente de amilosa retrogradada formada durante el enfriamiento de almidón gelatinizado.

RS4: Representa a los almidones modificados obtenidos por tratamientos químicos y que son usados para mejorar la características funcionales del almidón en la industria. (Liu, 2005; Sajilata et al., 2006; Gray, J. 2006)

Fibra Dietaria

Generalidades.

El Codex Alimentarius (2015) define la fibra dietaria como “los polímeros de carbohidratos con 10 o más unidades monoméricas, las cuales no son hidrolizadas por las enzimas endógenas en el intestino delgado de los humanos” pudiendo incluirse los polímeros de 3 a 9 unidades monoméricas según la decisión de las autoridades de cada país; la fibra dietaria incluye las siguientes categorías:

- a. Carbohidratos comestibles presentes naturalmente en alimentos en la forma que serán consumidos.
- b. Carbohidratos que se extraen de materia prima destinada a alimentos, por métodos físicos, químicos o enzimáticos y que se ha demostrado (por evidencia científica aprobada por las autoridades competentes) un efecto fisiológico beneficioso para la salud.
- c. Carbohidratos sintéticos con comprobados efectos fisiológicos beneficiosos para la salud.

Esta definición detalla que para el caso de derivados vegetales la fibra puede tener fracciones de lignina y/u otros compuestos que forman asociaciones con los polisacáridos desde el material de origen; algunos de los métodos para determinar fibra dietaria pueden llegar a alcanzar a medir estos compuestos (Codex Alimentarius, 2015).

La definición de fibra dietaria ha tenido varios cambios desde que fue acuñada por Hipsley en 1953 (McClearly, 2015), inicialmente se consideraba el término fibra cruda la cual era definida como el residuo resultante de la extracción ácida y alcalina de la muestra desgrasada; actualmente la definición ya como fibra dietaria, está básicamente relacionada con los efectos fisiológicos en el intestino humano, es así que al tener ahora un mayor alcance en lo que a compuestos se refieren, los análisis deben buscar acercarse a cubrir la totalidad de estos.

Los análisis de fibra dietaria actuales demuestran una mayor cuantificación de compuestos, los cuales antes, al ser determinados sólo como fibra cruda presentaban resultados incompletos; si se compara el contenido de fibra cruda y fibra dietaria total en diferentes alimentos como en el caso de los valores reportados por Dreher (1987) y citados por deMann (1999) por ejemplo en el salvado de trigo, este tiene un ratio de 1:4.2, se observa la gran diferencia cuantitativa.

Fuentes de fibra dietaria.

La fibra dietaria se encuentra en cereales, vegetales, legumbres y frutas en su estado natural y procesado, siendo los granos enteros y salvados de cereales los de mayor contenido. La composición de esta fibra varía según el tipo de fuente; por ejemplo los vegetales y cereales tienden a presentar un alto contenido de celulosa, mientras que las frutas según ciertas características pueden presentar

un alto contenido de lignina como las fresas o un alto contenido de pectina como las manzanas, en la tabla 2 se pueden apreciar los grupos generales de alimentos y la predominancia que tienen ciertos componentes de la fibra dietaria. Así mismo, se conocen factores que afectan el contenido original de fibra dietaria como el almacenaje, técnicas de procesamiento y la madurez, esta última es un factor determinante pues a mayor madurez se tiende a tener compuestos como la celulosa, lignina y cenizas en mayor cantidad que otros polisacáridos, ceras y proteínas (Dreher & Cho, 2001).

Tabla 2.

Influencia de la fuente en la composición de fibra dietaria.

Grupo de alimento	Tipo de tejido	Principales polímeros
Cereales	Endosperma	Arabinosilanos
	Cubiertas de semilla	b-D-Glucanos Celulosa Lignina
Frutas y Vegetales	Tejido parenquimal	Sustancias pectídicas
	Tejido vascular	Xiloglucanos
	Tejido epidérmico	Celulosa
		Lignina Cutina Ceras
Semillas diferentes a los cereales	Cotiledones	Sustancias pectídicas
	Paredes del endospermo	Xiloglucanos Celulosa
Aditivos alimentarios de polisacáridos	Amorfo	Gomas
	Soluble	Polisacáridos de alga
	Dispersable	Celulosa éster/éter

Fuente: Influencia de la fuente en la composición de fibra dietaria. En "Physiological effects and health consequences of Dietary Fiber" por Pilch, S. M. 1987, Life sciences research office, Federation of American Societies for Experimental Biology. Bethesda, Maryland. Contract Number FDA 223-94-2059, pp, 162, 163.

Ingesta de fibra dietaria.

Según un reporte especializado publicado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2003, la modificación de la dieta y la variación en los estilos de vida provenientes de la urbanización siguen contribuyendo a los factores que causan enfermedades, incluso en los países más pobres. Además, es posible que en países de medios y bajos ingresos se esté acelerando este efecto.

Actualmente se ve que hay dietas más calóricas con un rol principal por parte de las grasas y azúcares, y una reducción de carbohidratos complejos y fibra dietaria. Se recomienda que para mantener una dieta saludable se debe consumir al menos 400 g o 5 raciones de frutas y vegetales por día pues ello asegura un consumo adecuado de fibra dietaria y así se reduce el riesgo de enfermedades no transmisibles como la diabetes, hipertensión, enfermedades del corazón entre otras.

Según las directrices dietarias presentadas en 2015 por la Oficina de Promoción de la Salud y prevención de enfermedades (ODPHP, por sus siglas en inglés) del gobierno americano, se menciona que los patrones actuales de alimentación permiten una ingesta de fibra dietaria, entre otros nutrientes, por debajo del nivel recomendado. Así mismo, al ser considerada un nutriente de importancia para la salud pública, la ODPHP presenta una lista con vegetales, frutas, cereales y legumbres de importante contenido de fibra dietaria.

Digestibilidad.

En la digestión se produce la hidrólisis a monosacáridos por las enzimas como la amilasa pancreática en el intestino delgado y luego es absorbido por las células locales (enterocitos). Los niveles de digestión de oligosacáridos y polisacáridos varían; hay una digestión total en los productos con almidón, hay digestión parcial en el caso del almidón resistente y no hay digestión en el grupo restante de polisacáridos.

Los carbohidratos que no llegan a digerirse a las unidades mínimas (con excepción de sacarosa, lactosa y productos sintetizados a partir de almidón) pueden ser metabolizados por las bacterias del intestino grueso, producto de ello

se tienen ácidos grasos de cadena corta que se absorben parcialmente y sirven como fuente de energía. Es así que los diferentes carbohidratos pueden ser calóricos, parcialmente calóricos y no calóricos (Gray, 2003; BeMiller & Huber, 2008).

Al digerir los alimentos que poseen fibra dietaria, esta afecta la digestión de nutrientes como el almidón, Gray (2003) indica que en el caso de las legumbres, el almidón se encuentra retenido en células de la fibra por lo que las enzimas no pueden acceder al sustrato fácilmente; esta limitación también se da cuando las fibras solubles forman geles que atrapan los carbohidratos que además de reducir el acceso de las enzimas, disminuyendo la relación con la mucosa intestinal.

Se tiene evidencia que los beneficios de la fibra son mejor percibidos al consumirla naturalmente que luego de la extracción o síntesis de estos compuestos para su consumo como suplementos, se cree que esta eficacia se deba a la sinergia presentada entre los mismos compuestos de la fibra y con los demás propios del alimento. (Gray, 2006)

Componentes y Clasificación.

La fibra dietaria tiene como componentes a polisacáridos no amiláceos presentes en la pared de la célula vegetal incluyen estos la hemicelulosa, celulosa y pectinas; asimismo, se tienen otros polisacáridos como gomas, mucílagos e inulina. Carbohidratos análogos no digeribles pero fermentables como el almidón resistente y los fructooligosacáridos; además están los compuestos asociados como la lignina, ceras, cutina, polifenoles y fitoesteroles. (Gray, 2006)

Tabla 3.

Clasificación de la fibra según la solubilidad en agua.

Fibra	Lignina		Insoluble en agua ("fibra insoluble")
	Polisacáridos no almidónicos	Celulosa	
		Hemicelulosa (tipo B)	
	Polisacáridos no almidónicos	Hemicelulosa (tipo A) Pectinas Gomas Mucílagos Otros Polisacáridos	Soluble en agua ("fibra soluble")
Sustancias análogas a la fibra	Inulina Fructooligosacáridos		En su mayoría soluble en agua
	Almidón resistente		
	Azúcares no digestibles		

Fuente: Clasificación de la fibra según grado de hidrosolubilidad. En "La fibra dietética" por Escudero Álvarez, E. & González Sánchez, P, 2006, Nutrición Hospitalaria, 21 (2), pp. 61-72.

La clasificación que se viene usando hasta ahora para la fibra dietaria es la que la separa en fibra soluble y en fibra insoluble, el criterio de separación es el comportamiento que tiene cada grupo al pasar por el intestino delgado y grueso y por ende los efectos beneficiosos que tendrá en el consumidor.

Sin embargo, cabe resaltar que también ha surgido oposición a este criterio pues en un informe presentado por EFSA (2010) se cita el reporte emitido por la FAO/WHO (1997) donde se recomienda el dejar de usar la clasificación de fibra dietaria soluble e insoluble pues la separación de las fracciones no es químicamente muy distinta así como los efectos fisiológicos, por lo que esta clasificación no resulta útil.

Del mismo modo, Gray (2006) indica que la clasificación no es adecuada porque gran parte de fibra insoluble fermenta rápido, y hay fibra soluble que no tiene efectos en la glucosa y absorción de grasa del consumidor pero resalta que se ha conservado el término de fibra soluble para las fibras que forman geles. Detalla también que el almidón resistente pasa por una fermentación total pero de manera lenta y en el caso de la celulosa y hemicelulosa son parcialmente fermentadas.

A pesar de ello, los análisis químicos se mantienen realizando en base a la separación de fibra dietaria soluble e insoluble, ello se ve reflejado en la literatura e investigaciones científicas publicadas hasta el momento. Así mismo, dentro de las legislaciones sobre etiquetado de alimentos usadas como referentes internacionales se observa que la de los EE.UU (21 CFR 101.9 (c) 6) exige declarar el contenido de fibra dietaria y de forma voluntaria el contenido de fibra soluble e insoluble, en el caso de la Unión Europea (artículo 30 del Reglamento n° 1169/2011) hacen referencia a la fibra dietaria o también conocida como “fibra alimentaria” como parte de los carbohidratos, más no se menciona la obligación de declararla; como se observa, aún se mantiene el uso de esta clasificación por parte de los EE.UU; la Unión Europea no da opción a un mayor detalle en la clasificación.

Fibra soluble.

Siendo menos común, se cree que tiene una importante injerencia en la digestión y absorción; así como una participación importante, dentro de una dieta baja en grasas, en el descenso de colesterol en la sangre y el control de la concentración de glucosa en sangre. (Brummer & Cui, 2006). Tiene la capacidad de formar geles y es metabolizada por las bacterias del intestino grueso.

Los componentes de la fibra dietaria reconocidos como solubles son:

Pectina.

Es un polisacárido soluble en agua e insoluble en solventes orgánicos; está constituido por cadenas de ácido galacturónico formando una cadena lineal con enlaces alfa (1-4)- D glucosídico; en la cadena ácido poligalacturónico se encuentran unidades de ramnosa lo cual le da cierta ramificación. Los grupos carboxílicos del ácido urónico se encuentran en forma libre o de sal con sodio, potasio, calcio o contraiones de amonio, o esterificados naturalmente con metanol.

El grado de esterificación (GE) de la pectina determina el porcentaje de ácido galacturónico esterificado o metoxilado por el grupo metilo, este es afectado por las enzimas pectinesterasas durante la maduración de las frutas y vegetales. El GE se utiliza en la diferenciación de los grupos de pectinas; clasificándola en pectinas de alto grado de metoxilo (GE > 50%) y pectinas de bajo grado de

metoxilo ($GE < 50\%$), la mayoría de plantas presenta pectinas de alto grado de metoxilo por lo que su característica es capaz de formar geles en condiciones de sólidos solubles mayores a 55% y pH bajo 3.5; en la fig. 5 se puede apreciar la comparación de ambas estructuras químicas.

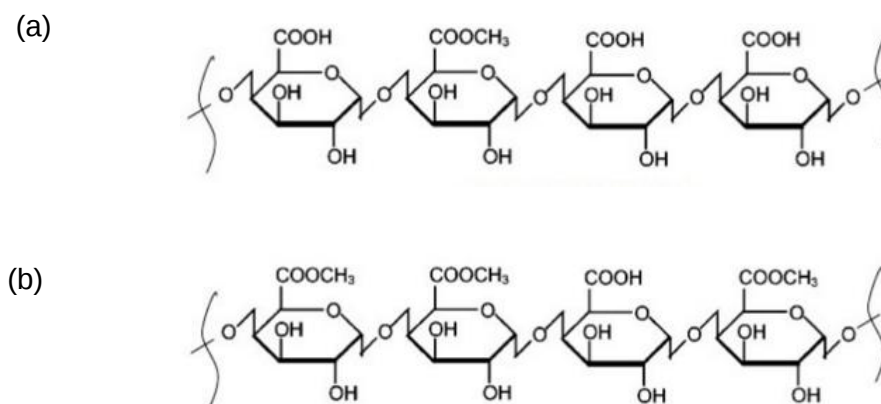


Fig. 5. Estructuras químicas de pectinas de alto (a) y bajo (b) grado de metoxilo.

Fuente: Estructuras químicas de pectinas de alto y bajo metoxilo. En "Biodegradable films and composite coatings: past, present and future", por Tharanathan, R. N. 2003, Trend in Food Science & Technology, 14 71-78.

Está presente en las paredes de la célula y tejidos internos de frutas (en mayor proporción) y verduras.

Su uso alimentario es como agente gelificante y espesante pues solubiliza en agua caliente gelificando al enfriarse. (Gray, 2006; Endress & Mattes, 2009)

Beta glucano.

Polímeros de glucosa con enlaces heterogéneos, beta (1-3) y beta (1-4); y de estructura ramificada con menor tamaño que la celulosa. Son solubles en agua y forman productos de alta viscosidad. A diferencia de la celulosa, son fermentados en el intestino grueso.

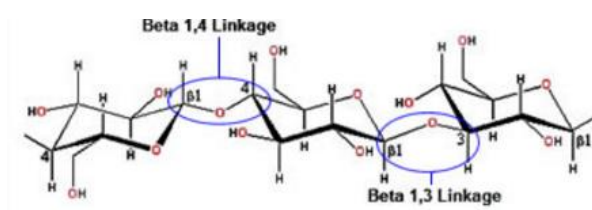


Fig. 6. Beta glucano de avena.

Fuente: Beta glucano de avena. En "Beta glucano de avena" por Vitaminpros, s.f, <http://www.vitaminpros.com/oat-beta-glucan.htm>

Se encuentran presentes en la pared celular de granos de avena y cebada, entre otros. En el caso de la avena el contenido es de los más altos registrados (2.5 - 6-6%) por lo que se cree que este compuesto tiene una relación directa con los efectos beneficiosos atribuidos a la avena en la salud cardiovascular. (Gray, 2006; DeVries, s.f)

Gomas y mucílagos.

Según Mateu X (2004), citado por Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani (2010) las gomas son conocidas como los exudados de las superficies de árboles, mientras que los mucílagos tiende a reconocerse a extractos de semillas o que salen de las cortezas o tejidos blandos. Así mismo, las condiciones de estrés como el daño físico y ataque de hongos genera la producción de gomas

Mateu indica que las gomas están formadas por polisacáridos acídicos complejos, estos contienen un grupo heterogéneo de azúcares como arabinosa, galactosa, ramnosa, ácido galacturónico entre otros; así como hidrocoloides como carragenatos, xantana, entre otros.

Mientras que los mucílagos son polisacáridos hidrosolubles con capacidad de absorción de 60 a 100 veces su peso en agua, resultando geles. De estructura ramificada y formados por cadenas de arabinoxilanos son parecidos a las gomas pues tienen azúcares como xilosa y galactosa

En la literatura se puede encontrar que el término gomas y mucílagos se consideran como un solo grupo; Peter et al. (2006) afirma que las diferencias entre gomas y mucílagos son muy ligeras como para garantizar el uso de estos dos nombres para separarlos.

Las gomas y mucílagos son usados en algunos alimentos como agente gelificante, espesante, estabilizante y emulsionante. (Gray, 2006)

Fructanos.

Este grupo incluye la inulina y derivados como la oligofructosa y los fructooligosacáridos.

La inulina es una mezcla de oligosacáridos y polisacáridos unidos por enlaces beta (2-1) fructosil-fructosa con una estructura compuesta de unidades de fructosil y glucosil. Las cadenas de fructosa pueden finalizar en una unidad de glucosa unida por un enlace alfa (1-2) (β -D-glucopiranosil) o con una unidad de fructosa (β -D-fructopiranosil). Poco tiempo atrás se pensaba que la inulina era solo una molécula lineal pero se ha demostrado que incluso en la inulina extraída de achicoria hay un grado de ramificación de aproximadamente 1% al igual que en la Dahlia.

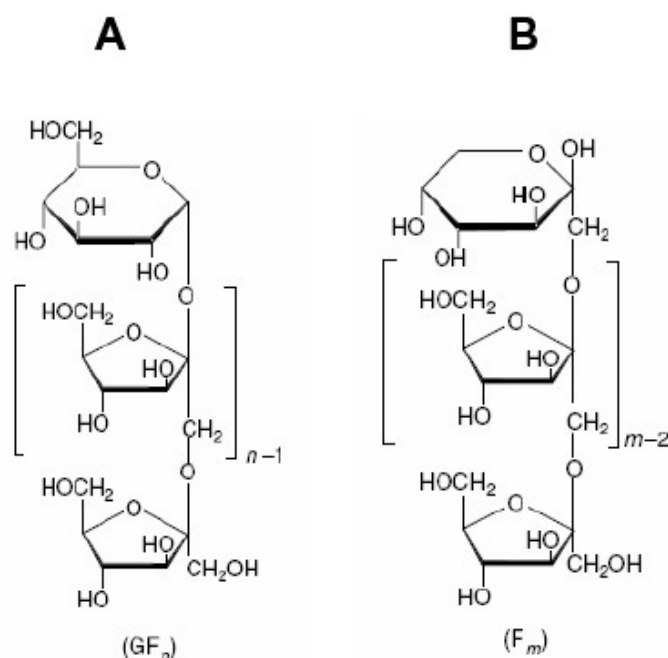


Fig. 7. Estructura química de la inulina: con una molécula terminal de glucosa (β -D-glucopiranosil) (A) y con una molécula terminal de fructosa (β -D-fructopiranosil) (B).

Fuente: Estructura química de la inulina. En "La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales", por Madrigal L. & Sangronis E., 2007, *Archivos Latinoamericano de Nutrición*, 57 (4).

La oligofructosa y fructo-oligosacárido están compuestos por cadenas lineales de fructosa, tienen enlaces beta (2-1); los fructanos pueden ser lineales, ramificados o cíclicos. La diferencia entre ambos es la estructura, la cual varía según su origen como la hidrólisis de inulina para obtener oligofructosa y la obtención de fructooligosacáridos a partir de la sacarosa.

En la tabla 4 se observa el comparativo de los tres compuestos.

Tabla 4.

Comparación entre tres tipos de fructanos.

Origen	Inulina Extracción a partir de vegetal (achicoria)	Oligofructosa Hidrólisis enzimática de la inulina	FOS* Transfructosilación de la sacarosa
Rango GP	2-60	2-9	2-4
GP prom	10-12	4-5	3-7
Estructura química	Lineal (1-2% ramificación)	Lineal	Lineal

*Fructooligosacaridos

Fuente: Comparación entre tres tipos de fructanos. En "La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales", por Madrigal L. & Sangronis E., 2007, *Archivos Latinoamericano de Nutrición*, 57 (4).

Son compuestos de mínimo valor calórico debido a su indigestibilidad. En el colon los fructanos son totalmente consumidos por las bacterias locales, el resultado son ácidos grasos de cadena corta como el butirato o acetato, biomasa bacteriana y gas; siendo los ácidos grasos los únicos que dan aporte calórico (Coussement & Franck, 2001; Madrigal & Sangronis, 2007; Franck, 2006).

Los compuestos de fructano se encuentran en diversas fuentes vegetales y en algunas bacterianas, en las vegetales están como carbohidrato de almacenamiento, estas incluyen cebollas, bananas y ajo pero la mayor concentración, en el caso de inulina, se da en raíces de almacenamiento como la raíz de achicoria (15-18%) (Niness, 1999; Franck, 2006) pero también pueden ser sintetizados químicamente o por medio de enzimas a partir de polisacáridos (Gray, 2006).

Están relacionados con la reducción de la actividad de enzimas hepáticas clave relacionadas con la lipogénesis; también se ha demostrado la reducción de colesterol LDL en voluntarios con una ligera hiperlipidemia.

Tiene efecto de aumento del volumen fecal parecido al efecto de pectinas y gomas, promueve selectivamente el crecimiento de bifidobacterias mientras reprime a las bacterias perjudiciales, incrementa la absorción de calcio, hierro y magnesio, y hay estudios que demuestran la posible acción preventiva para la formación de tumores en el colon de ratas (Franck, 2006)

Almidón resistente.

La consideración del almidón resistente por sus efectos fisiológicos, como componente de la fibra dietaria es un tema que se mantiene en discusión, este ha sido descrito en el punto 3.2.6

Fibra insoluble.

Es la que predomina en los alimentos, promueve la regulación intestinal y es estudiada por su capacidad para disminuir el riesgo de cáncer de colon (Brummer & Cui, 2006). Tiene la característica de no poder absorber agua y por lo tanto no forma geles, pasa el tracto intestinal teniendo una fermentación parcial o nula por la flora bacteriana.

Los componentes de la fibra dietaria reconocidos como insolubles son:

Celulosa.

Es un polisacárido lineal constituido a base de unidades de β -D-glucosa (máximo 10 000 unidades por molécula) unidas por enlaces beta (1-4). Las moléculas se encuentran unidas a modo de fibras largas que logran una estructura altamente insoluble y difícil de ser afectada por la digestión enzimática humana por no tener las enzimas específicas para hidrolizar los enlaces beta (Gray, 2006 & DeVries, s.f).

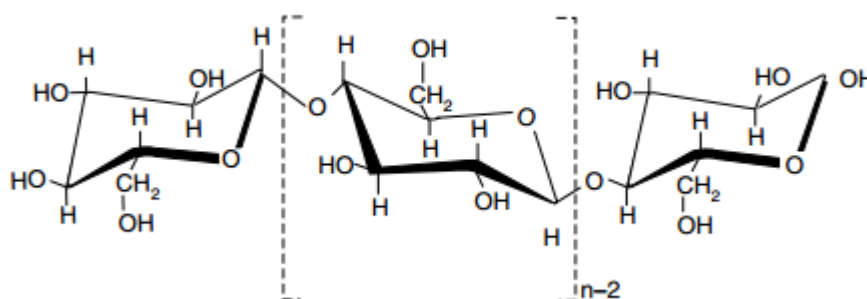


Fig.8. Estructura química de la celulosa (Franck, 2006)

Fuente: Estructura química de la celulosa. En M. Stephen Alistair, O. Phillips Glyn & A. Williams Peter (Eds.) *Food Polysaccharides and Their Applications* (2da ed.) por Franck, A, 2006, Boca Ratón: CRC Press.

Al estar presente en la pared celular vegetal se puede encontrar en alimentos como las frutas, verduras y cereales. Se estima que esta representa un cuarto de la fibra dietaria de las frutas y un tercio de las verduras. (Gray, 2006)

Es muy poco reactivo y poco fermentable, según lo revelan estudios realizados en ratas donde la excreción de gases fue no significativa así como la de ácidos grasos volátiles (Coffey et al, 2001)

Hemicelulosa.

Es un polisacárido que contiene diferentes azúcares y mantiene una asociación con la celulosa, consta de moléculas lineales y ramificadas de menor tamaño que la celulosa.

Presenta un grupo heterogéneo de compuestos, de 50 a 200 unidades de pentosas y unidades de hexosas como xilosa, manosa, glucosa y galactosa. Es insoluble en agua fría o caliente y en ácido diluido; pero a diferencia de la celulosa, es soluble en base diluida.

Se estima que esta representa la tercera parte de la fibra dietaria en frutas, verduras y otros. (Gray, 2006; DeVries, s.f)

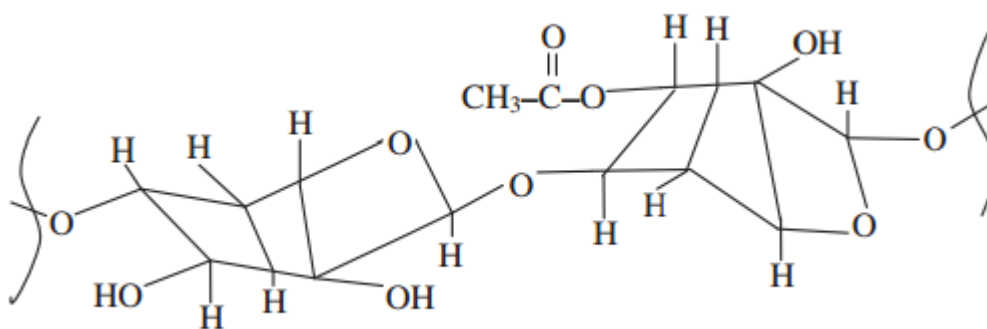


Fig. 9. Estructura química de la hemicelulosa (Ghanbarzadeh y Almasi, 2013)

Fuente: Estructura química de la hemicelulosa. En "Chemical treatments on plant-based natural fibre reinforced polymer composites: An overview", por Kabir, M. M., Wang, H., Lau, K. T. & Cardona, F., 2012, *Composites: Part B*, 43 2883-2892

Lignina.

A diferencia de la mayoría de compuestos de la fibra dietaria, la lignina no es un polisacárido, es un polímero de fenoles unidos por enlaces de éter y éster; en la pared celular se encuentra unida a la hemicelulosa formando una estructura dura y rígida, también está en contacto con la celulosa, en ambos casos no solo es una unión física sino por enlaces covalentes. Por otro lado, la madurez del tejido es un factor que afecta la concentración de lignina, pues a mayor madurez aumenta el contenido de lignina.

La lignina da importantes características a la fibra dietaria como hidrofobia, resistencia a la digestión enzimática en el intestino delgado y a la digestión bacteriana en el intestino grueso, es por ello que recorre el tracto intestinal completo siendo apenas dañada (deMan,1999; Gray, 2006; DeVries, s.f).

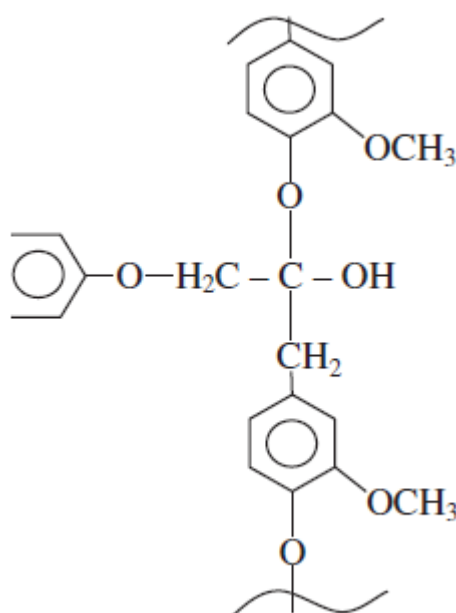


Fig. 10. Estructura química de la lignina.

Fuente: Estructura química de la lignina. En "Chemical treatments on plant-based natural fibre reinforced polymer composites: An overview", por Kabir, M. M., Wang, H., Lau, K. T. & Cardona, F., 2012, *Composites: Part B*, 43 2883-2892

Cutina.

Son ácidos grasos hidroxí alifáticos de cadena larga polimerizados por enlaces de éster.

Es resistente a la digestión por lo que al igual que la lignina se excreta en su totalidad. (DeVries, s.f)

Se encuentra presente a modo de una superficie cerosa e hidrofóbica que cubre el exocarpo de las frutas.

Suberina.

Según Kulattukudy (1981), citado por DeVries (2012), hay poca evidencia para determinar la estructura exacta de la suberina; se conoce como una combinación de fenoles y ácidos grasos unidos por enlaces éster formando estructuras altamente ramificadas. Esta se encuentre muy unida a los otros componentes de la fibra dietaria.

Atribuciones para la salud.

Son altamente reconocidos los beneficios del consumo de la fibra dietaria para la salud humana, los efectos se relacionan con la disminución del riesgo a desarrollar enfermedades o afecciones comunes en estos tiempos como la diabetes, enfermedades coronarias, cáncer de colon entre otros.

Según Dreher (2001) la duración de los beneficios puede ser aumentada o reducida por factores diferentes a la alimentación como la actividad física y factores genéticos; así mismo, recalcan que hay necesidad de conocer más sobre los efectos en la salud de la fibra dietaria en diferentes formas de alimentos.

La fibra dietaria es utilizada por gobiernos, como el de Estados Unidos, en la promoción de la salud. La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés), entidad americana que se encarga de proteger la salud pública tiene entre sus regulaciones requisitos para el etiquetado de alimentos donde se observa la importancia que se le da a la fibra dietaria, el contenido debe ser indicado obligatoriamente en la etiqueta del producto; así como las afirmaciones permitidas

para frutas, verduras y productos de granos incluyen las frases “pueden reducir el riesgo de padecer algunos tipos de cáncer” o “algunas clases de cáncer”, “pueden reducir el riesgo de contraer una enfermedad cardíaca” para el caso de dietas con baja ingesta de grasas.

Una alta cantidad de los carbohidratos no digeridos, y absorbidos a nivel del intestino delgado, al pasar al intestino grueso sufren fermentación parcial o total por la microflora local. (Gray, 2006)

La fermentación se presenta como una característica fisiológica adicional importante pero no se da en todos los casos por lo que no se ha incluido en la definición de fibra dietaria pero si se menciona como una de las propiedades que debe presentarse para que el compuesto sea reconocido como fibra dietaria.

Esta propiedad de estimular el crecimiento de bacterias benéficas (bacterias lácticas) lo hace reconocible como un prebiótico, ya que:

- Facilita las funciones del intestino grueso
- Baja la colesterolemia
- Baja los niveles de glicemia e insulina sanguínea posprandial

Cardiopatía.

Según DeVries (s.f.) la reducción de enfermedades coronarias está relacionada con el incremento de la ingesta de fibra dietaria, principalmente con la fibra soluble. El incremento del riesgo de este tipo de enfermedades está estrechamente relacionado con factores sobre los que la fibra dietaria soluble tiene un efecto positivo, como es el caso de la diabetes, colesterol elevado, contenido de LDL elevado y HDL reducido, entre otros.

De igual manera Gray (2006) reporta que los resultados de estudios sobre ello son consistentes en demostrar la relación inversa entre la ingesta de fibra dietaria y los factores de riesgo de cardiopatía coronaria.

Como se observa se viene asignando estos efectos benéficos a las llamadas fibras solubles, las cuales son reconocidas por ser altamente viscosas (β -glucanos, pectinas, goma guar) lo cual les permite influir sobre la concentración

de lípidos en la sangre; en contraste, las fibras no viscosas, como la celulosa, generalmente no generan dicho efecto.

Los mecanismos de acción atribuidos a la fibra dietaria para reducir los niveles de colesterol en la sangre incluyen: Reducción de la absorción de colesterol y/o ácido biliar, cambio en la síntesis de ácido biliar y reducción en la biosíntesis de colesterol. Esta actúa en el intestino delgado luego de que la mayoría de alimentos han sido digeridos y absorbidos, la viscosidad interfiere con la absorción de ácido biliar; al suceder ello se estimula mayor producción de este ácido el cual usa el colesterol LDL como sustrato.

Respecto a los estudios realizados una de las primeras demostraciones de los efectos hipocolesterolémico fue hecha por Keys et al. (1961), quién afirmó que el consumo de 15 g/día pectina, con una dieta constante, generaba una reducción del 5% del colesterol en la sangre. En este estudio también se aplicó una dieta con celulosa la cual no tuvo el efecto que la pectina tuvo.

En un reporte emitido por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas en inglés) (2010) se describen los efectos beneficiosos del consumo de la fibra dietaria.

Respecto a las enfermedades cardiovasculares un grupo de 10 estudios donde por cada incremento de 10 g de fibra por día estuvo asociado con una disminución del 14% en el riesgo de infartarse, y con una reducción del 27% en muerte coronaria. Asimismo, se resalta que los efectos se vieron en personas con una ingesta mayor a 24 g por día, presentando una relación más fuerte para el caso de fibra de cereales y frutas (Pereira et al., 2004).

Diabetes tipo 2.

Los alimentos amiláceos tienen diferentes rangos de liberación de glucosa resultando en diferentes respuestas de insulina; por ejemplo en almidón del pan es rápidamente digerido y absorbido por lo que el nivel de glucosa aumenta, todo lo contrario ocurre con el almidón de las legumbres, estas características nos permiten definirlos como alimentos de alto y bajo índice glicémico respectivamente.

Los alimentos de bajo índice glicémico son conocidos por sus efectos beneficiosos en la salud lo cual incluye la defensa contra las enfermedades cardiovasculares y diabetes (Liu, 2005).

La literatura menciona el impacto positivo del consumo de fibra dietaria sobre la enfermedad de diabetes tipo 2. Bummer y Cui (2005) y Gray (2006) afirman que algunos estudios demuestran la correlación inversa entre la ingesta de fibra dietaria y el peligro de desarrollo de diabetes tipo 2. Menciona que el efecto es por parte de las fibras viscosas pero en el caso de la fibra no viscosa, ante una mayor ingesta menor es el riesgo a la resistencia de insulina.

Estudios específicos sobre el beta-glucano han demostrando no solo la disminución de la concentración de colesterol en la sangre; pues estudios en cereales prueban que se disminuyen los niveles de glucosa en la etapa postprandial (efecto antihiper glucémico), así como la respuesta de insulina. (BeMiller & Huber, 2008)

En el reporte elaborado por EFSA (2010), respecto al descenso del riesgo de desarrollar diabetes tipo 2 se cita el estudio de Lindstrom et al (2006) donde se demostró que el riesgo menor fue observado en individuos con una dieta elevada en fibra dietaria y reducida en grasas. Asimismo, existen muchos estudios donde se ha demostrado la reducción de este riesgo al consumir fibra de cereales o granos enteros, habiendo menos estudios donde se reporta una reducción significativa por el consumo de fibra dietaria total. A partir de los estudios referidos por EFSA, esta concluye que el consumo de fibra dietaria debe ser alrededor de 25 a 30 g por día.

Índice de masa corporal.

La relación entre la ingesta de fibra dietaria y el índice de masa corporal del consumidor es inversamente proporcional. El consumo de fibra dietaria beneficia en el control del peso puesto que retrasa el vaciamiento gástrico en el caso de las pectinas y gomas, y aumenta la saciedad en el caso del almidón resistente (Gray, 2006).

Deposiciones, producción de ácidos de cadena corta y cáncer de colon.

Los polisacáridos y sustancias relacionadas (como la lignina) que superan el paso por el estómago y la acción enzimática del intestino delgado, reciben la acción de la flora microbiana local. Dentro de este grupo algunos compuestos son fermentados ya sea parcial o totalmente mientras otros no sufren cambio alguno.

Esta fermentación genera productos importantes como los ácidos grasos de cadena corta que según Gray (2006) tienen una labor fisiológica vital localmente y sistemáticamente.

Asimismo, Gray menciona que los polisacáridos que no se digieren generan en las deposiciones un incremento de peso y continuidad de la defecación, así como el ablandamiento de las mismas; y logran un periodo de circulación menor. Todos estos efectos pueden ayudar con la prevención de principales alteraciones del intestino grueso, las cuales incluyen la diverticulitis, estreñimiento y cáncer.

Existen diversas investigaciones realizadas tanto en animales como en humanos donde se dan a conocer resultados positivos.

Por ejemplo, Spiller et al. (1980) realizaron un estudio en 42 personas por 5 semanas donde se alimentó a un grupo con pectina, a otro con celulosa y un tercero con un placebo de sacarosa; a partir de los resultados de la evaluaciones en heces se reportó que el tiempo de tránsito disminuyó a 2.5 días con celulosa, a 0.2 con el placebo y aumentó en 0.1 con pectina; el peso de las heces aumentó en 34 g/día con celulosa pero disminuyó en 15 g/día con el placebo y en 0.32 g/día con la pectina; los ácidos grasos volátiles disminuyeron con el placebo (-1.2 g/7días) pero aumentaron con la celulosa (+1.3 g/7 días) y pectina (+0.6 g/7 días). En ese sentido se demuestra el efecto de la celulosa en el incremento de la masa fecal así como el ligero efecto antidiarreico de la pectina.

Además, Fahey et al. (1990) realizaron un estudio en 30 perros a los cuales se les dió una dieta que contenía fibra de remolacha en diferentes cantidades, dentro de los resultados se obtuvo el aumento del peso húmedo de heces conforme la dosis de fibra ingerida aumentaba también, la frecuencia de defecación fue más alta con la dieta más concentrada de fibra (12.5%) y el tiempo de retención decrecía mientras la dosis de fibra aumentaba.

Por otro lado, Endress y Mattes (2009) hicieron un estudio en pacientes con afecciones en el íleon, las pectinas proporcionadas fueron recuperadas en un 70%, los estudios han rechazado la fermentación en esta etapa de digestión.

Las pectinas reducen la actividad de amilasas entre 10% y 40%, la actividad de lipasas entre 40% y 80%, y la actividad de tripsina entre un 15% y 80%. La actividad de las enzimas pancreáticas resulta inversamente proporcional a la viscosidad de los fluidos digestivos pues se evita el contacto enzima-sustrato.

La fermentación de la pectina sucede en el ciego, colon ascendente y transversal, donde las bifidobacterias pueden degradar entre un 90% a 95%; así mismo una mayor degradación se debe a un menor grado de esterificación.

Efectos adversos.

Se han reportado estudios donde se indica que las dietas de alto contenido de fibra dietaria pueden presentar una baja densidad energética pues el aporte calórico que puede aportar es mínimo y el volumen es grande.

Otro efecto observado son las molestias gastrointestinales debido a un excesivo consumo de fibra dietaria, ello ocurre mayormente cuando es fibra aislada o sintética; se ha reportado información que demuestra efectos adversos en ciertas personas con el consumo de inulina y fructooligosacáridos, cuando hay un consumo desde 80 g/día hasta 10 - 5/g día y en ese grado se presentan desde laxación, flatulencia, hinchazón y calambres abdominales hasta sólo hinchazón y flatulencia. Los estudios de tolerancia varían en el rango anteriormente indicado y según el tipo de compuesto; por ejemplo la povidex tuvo una tolerancia de hasta una ingesta diaria de 90 g.

Se ha reportado la reducción de la absorción de algunos minerales cuando la fibra asociada con fitato, como es el caso del salvado de trigo sin procesar que reduce considerablemente la absorción de hierro en el intestino.

Cambios en macrocomponentes por la maduración

En la pared celular primaria de una célula vegetal se puede observar como compuestos bifásicos de microfibrillas de celulosa y una matriz de dos polisacáridos que son pectina y hemicelulosa. Por otro lado en la pared celular secundaria se encuentran las proteínas estructurales y enzimáticas, compuestos hidrofóbicos y moléculas inorgánicas.

Los enlaces de hidrogeno y los enlaces covalentes de la distribución física de la pared celular dan propiedades particulares, en el caso de la celulosa que cuenta con enlaces de hidrogeno presentes en las microfibrillas y el caso de la hemicelulosa que cuenta con xyloglucanos que serían la fuente para una mayor rigidez en la pared celular primaria (Rose & Bennett, 1999).

Al madurar el fruto diversas características organolépticas cambian generalmente los frutos tienden a ser más dulces, además la textura se modifica generando principalmente ablandamiento, este se debe a varias modificaciones de los componentes polisacáridos de la pared celular primaria y la lamina media por la degradación de la estructura (Brummell, 2006 citado en Cheng et al., 2009).

La pared celular durante la maduración tiende a desmontarse como consecuencia de la actividad de enzimas hidrolíticas. (Seymour & Gross, 1996; Tucker, 1996 en Manrique & Lajolo, 2004) La acción de las enzimas causan la pérdida de firmeza, sin embargo, la enzima de mayor acción enzimática va a depender de cada especie de fruto. Las enzimas que principalmente actúan son enzimas pectolíticas, metilesterasas, xyloglucanasas, celulasas entre otros (Manrique & Lajolo, 2004)

Durante el proceso de maduración el fruto, además de perder firmeza presenta cambios como la reducción del contenido de almidón por la hidrólisis de este que produce un incremento del contenido de azúcares, haciendo el fruto más dulce. (Chaimanee & Suntornwat, 1994)

Un estudio realizado a la papaya informa que este fruto en estado no maduro posee poco almidón para producir el dulzor característico en un fruto maduro, por lo que sugiere que el fruto posee otras fuentes de carbono para la síntesis de azúcares, como son la celulosa, hemicelulosa, pectina, entre otros carbohidratos presentes en el fruto. (Gomez, Lajolo & Cordenunsi, 2002)

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de Ejecución

Los análisis de la presente investigación se desarrollaron en las instalaciones del Departamento de “Horticultural Sciences” en Texas A&M University (EE.UU.) y en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Ignacio de Loyola (Perú).

Materia prima

Para realizar los análisis se utilizó pulpa de lúcuma congelada de la empresa Gastronomic Fruits SAC. Se recibió pulpa de lúcuma de tres biotipos; Beltrán, María Belén y Trompito en el mismo estado en que se utiliza para la venta.

Materiales

Equipos.

- Balanza analítica, Denver Instrument Company A-160 (USA).
- Revestidor de bombardeo iónico, Cressington 208HR. Cressington Scientific Instruments Ltd.
- Microscopio electrónico de barrido, JEOL JSM-7500F. JEOL Company (Japan).
- Mufla, Thermolyne 1300 modelo FB1310M-33. Thermo Fisher Sci Inc.
- Colorímetro, Minolta Chroma Meter CR-310 SERIES. Minolta Co. (Japan).
- Liofilizador. Dura-Dry TM, Condenser Module. Modelo FD-8-54A-0, FTS Systems Inc. (USA).
- Balanza Portátil, Symmetry, Cole-Parmer, Model EW-10000-05.
- Lector multimodal de microplacas, Synergy HT. Bio tek instruments Inc. (USA).
- Espectrofotómetro, Spectronic Genesys 20 modelo 4001/4. Spectronic instruments (USA).
- Balanza analítica, A&D, GH-200.
- Vortex, Fisher Scientific, Analog vortex mixer. Catalog No. 02-215-365 (USA).
- Agitador magnético con calefacción, modelo ACS-160. SBS (Europe).
- Sistema de destilación, VAPODEST 10S, C. Gerhardt GmbH & Co. KG
- Equipo de Fibra cruda, FIBREBAG System 6-place, Tipo FBS 6, C.Gerhardt GmbH & Co. KG
- Centrifuga, PLC series, modelo PLC -03. Gemmy Industrial Corp. (Taiwan).
- Potenciómetro, Basic 20. Crison Instruments, S.A. (Europe).
- Tamizador. Retsch. (Germany).

- Campana de extracción, CEX 120. C4 Control de contaminación LTDA (Colombia).
- Estufa. JP Selecta S.A. (España).
- Calefactores de manta. JP Selecta S.A. (España).
- Placas circulares calefactoras. JP Selecta S.A. (España)
- Mechero
- Bomba de vacío
- Incubadora

Materiales.

- Cisoles Pyrex de filtrado tipo Gooch 30 ml
- Fiolas
- Tubos de ensayo
- Vasos de precipitación
- Matraz Kitazato
- Matraz Erlenmeyer
- Luna de reloj
- Placa petri
- Dedal de celulosa
- Baguetas
- Probetas
- Condensadores de pyrex
- Balones de pyrex

Métodos

Características generales.

pH: AOAC 981.12

Sólidos solubles (Grados °Brix): ISO 2173:2003 - Método refractométrico

Color: Espacio de color CIELAB

Análisis químico proximal.

Proteína: FAO Food and Nutrition paper Vol. 14/7 Pág 221-223 1986

Grasa cruda: AOAC 991.36

Cenizas: AOAC 900.02

Fibra cruda: AOAC 962.09

Humedad: Liofilizado

Fibra dietaria insoluble (FDI), soluble (FDS) y total (FDT).

En la ejecución de este análisis se empleó el método oficial AOAC 991.43 con una ligera modificación en la concentración de alfa-amilasa. La muestra liofilizada, desgrasada y sin azúcar pasó por un proceso de digestión con alfa-amilasa, proteasa y alfa-glucosidasa para eliminar componentes de la fruta que modificarían de manera errónea el resultado final. La muestra digerida pasó por un proceso de filtrado, lavado, secado y pesado para obtener la fibra dietaria insoluble (FDI). A partir de la solución filtrada anteriormente se obtuvo la fibra dietaria soluble (FDS) haciendo una precipitación con etanol por una hora luego se filtró, secó y pesó. Los resultados obtenidos fueron corregidos con valores obtenidos del blanco, análisis de proteína y cenizas. La fibra dietaria total (FDT) se obtuvo de la suma de FDI y FDS.

Determinación de Hemicelulosa, Celulosa y Lignina.

Los ensayos de fibra detergente ácido (FDA) y fibra detergente neutro (FDN) se realizaron en el laboratorio de evaluación nutricional de alimentos (LENA) de la Universidad Nacional Agraria La Molina, según los métodos de Ankom Technology que están basados en el método de análisis de fibra de forraje de Goering y Van Soest (1972); se realizó la determinación de FDN, FDA y lignina.

El procedimiento de FDN (Método 6) incluye la extracción de componentes diferentes a la fibra, a través de una solución neutra detergente, una solución de alfa amilasa termoestable y sulfito de sodio; para obtener como residuo hemicelulosa, celulosa y lignina de la muestra.

El procedimiento de FDA (Método 5) permite obtener como residuo la celulosa y lignina de la muestra, después de una digestión con la solución ácida detergente.

El procedimiento de determinación de lignina (Método 8) se da a partir del residuo obtenido en el procedimiento FDA, a través de una hidrólisis con ácido sulfúrico al 72%.

Los cálculos se realizaron según las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ Hemicelulosa} = \% \text{ FDN} - \% \text{ FDA}$$

$$\% \text{ Celulosa} = \% \text{ FDA} - \% \text{ Lignina} - \% \text{ Cenizas}$$

Azúcares totales.

Para realizar este análisis se siguió el método de Chow & Landhäusser (2004), basado en el método de Dubois et al. (1956). La muestra liofilizada fue sometida a una extracción continua (3 veces) de azúcares con etanol al 80% en baño maría a 95°C por 30 min y centrifugación por 5 min a 2500 rpm; el extracto (sobrenadante) fue diluido con agua destilada y pasó a una reacción con ácido sulfúrico concentrado y una solución de fenol al 4% manteniéndose en oscuridad por 10 min. Posteriormente se enfrió y se realizó la medición de absorbancia en el espectrofotómetro a 480 nm.

La curva estándar se realizó con soluciones de glucosa, las cuales pasaron por la misma reacción que la muestra. La corrección de los resultados se realizó omitiendo la solución de fenol en la reacción.

Forma y tamaño del gránulo de almidón.

La extracción de almidón se realizó siguiendo el procedimiento de Bobbio & Bobbio (2003), modificado por Izidoro et al. (2006). La muestra fresca pasa por una extracción con agua destilada, filtrado con una gasa de filtrado, precipitación y decantación, inmersión en metabisulfito de potasio al 0.3%, filtrado con papel filtro y secado a 40°C por una noche. Posteriormente se trituró el almidón seco y se mantuvo en el desecador hasta su uso.

El almidón obtenido fue cubierto con una delgada capa de una mezcla de paladio y platino utilizando el revestidor de bombardeo iónico; luego fue observado en el microscopio electrónico de barrido (SEM), el cual actúa emitiendo electrones contra la

muestra recubierta y ésta a su vez refleja electrones que son percibidos por los detectores, generando una imagen superficial de la muestra.

Para la medición del tamaño de los gránulos se seleccionaron aleatoriamente 30 gránulos de cada micrografía de los biotipos, midiéndose el eje mayor y menor.

Contenido de amilosa.

Para realizar este análisis se siguió el método de AACC Method 61-03 "Amylose content of milled rice" con las modificaciones reportadas por Zevillanos Garnica (2003).

El proceso de extracción de almidón fue similar al usado para la lectura en el SEM con la omisión del uso de metabisulfito de potasio y se procedió con un proceso de desgrasado y secado.

La muestra de almidón desgrasado es mezclada con etanol al 85% y agitada, se agrega NaOH y pasa por tiempos de calentamiento y enfriamiento para completar la dispersión; se enrasa y mezcla con agua destilada para obtener la solución final. De igual manera se procede para obtener las soluciones de amilosa de papa y amilopectina de maíz que son los estándares. El blanco consiste en una solución de NaOH 0.09N y agua destilada.

Las soluciones estándar, las muestras y los blancos se hacen reaccionar con la solución de ácido acético 1N, la solución de yodo (0.2% I_2 y 2% KI) y agua destilada por 20 min. La medición de color se efectuó en el lector multimodal de microplacas a 620 nm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características generales

Para la realización de esta investigación, Gastronomic Fruits SAC nos proporcionó pulpa de lúcuma congelada, previamente clasificada en tres biotipos; Trompito, Beltrán y María Belén. Además nos facilitó frutos de cada biotipo para poder hacer el seguimiento de maduración hasta que se procese.

Fruto.

Se recibieron frutos de cada biotipo de lúcuma, a ellos se les realizó un corte transversal a los frutos como se puede apreciar en la Fig. 11.

Para el caso de Trompito (A) se aprecia un color amarillo más claro que los otros biotipos, además el aroma es ligero, posee un sabor dulce y la textura de la pulpa es harinosa.

Beltrán (B) por otro lado presenta un color más oscuro que Trompito y María Belén. La pulpa es amarilla anaranjada, el aroma es típico del fruto, sin embargo el sabor es dulce con toques ácidos y posee textura harinosa.

Por otro lado el color de la pulpa de María Belén (C) es amarillo, posee aroma típico de la lúcuma, sabor astringente y la textura es dura.



Fig. 11. Corte transversal de los tres biotipos de lúcuma en estado de maduración inicial: (A) Trompito, (B) Beltrán y (C) María Belén.

Con respecto a la forma, el fruto de lúcuma es diferente para cada biotipo (Fig. 12). Según la Norma Técnica Peruana (NTP) de lúcuma fresca existe diversas formas para este fruto (INDECOPI, 2007), es así que se ha realizado una comparación de forma de los biotipos trabajados con los presentados en la NTP como se puede apreciar en el Anexo 10.

En el caso de Trompito se puede observar que el fruto tiene una forma ovalada horizontal en la parte superior y que termina en punta. Este tipo de forma se denomina según la NTP como trompo.

El biotipo Beltrán por otro lado presenta forma redonda en la parte superior y que termina en punta, este tipo de fruto es denominado por la NTP como cónica. La forma que posee María Belén es claramente distinta a los biotipos anteriores, ya que esta es más achatada y no presenta punta, según la NTP la forma es redonda.

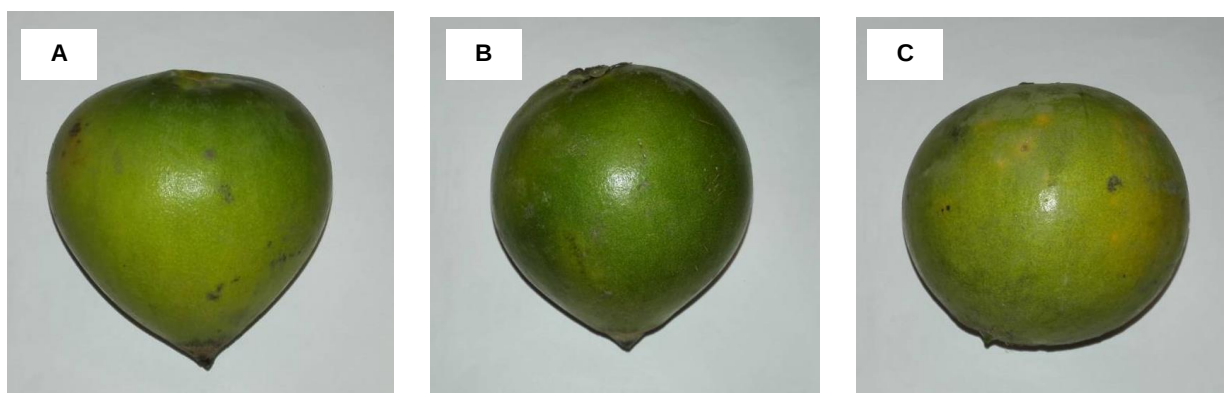


Fig. 12. Forma de tres biotipos de lúcuma: (A) Trompito, (B) Beltrán y (C) María Belén.

En relación al proceso de maduración del fruto desde la cosecha hasta el día de procesamiento, los tres biotipos de lúcuma presentan cambios evidentes en el epicarpio, como se puede apreciar en la Fig. 13.



Fig. 13. Maduración por día de lúcuma.

En las imágenes se distingue como al pasar los días el epicarpio deja de ser liso en algunos casos y va cambiando el color.

En el caso de Trompito no se observa cambios en la superficie del epicarpio, sin embargo, se observa el cambio de color de verde a amarillo como señal de madurez. Por otro lado en los biotipos Beltrán y María Belén se aprecia que el epicarpio envejece al arrugarse con el pasar de los días, además del cambio de color que para el caso de Beltrán se va oscureciendo hasta un tono verde oscuro con tonos marrones. En cambio, el biotipo de María Belén se va aclarando hasta un tono verde claro.

Pulpa.

La pulpa congelada de los tres biotipos de lúcuma fue analizada sobre los valores que se exponen en la siguiente tabla 5.

Tabla 5.

Análisis inicial de la pulpa de lúcuma.

	Biotipo		
	Beltrán	Trompito	María Belén
pH	4.8	4.9	4.6
°Brix	23.43	29.49	32.1
Valores de color*			
L	60.13 ± 0.298	59.83 ± 0.730	61.08 ± 0.246
a+	15.14 ± 0.055	15.26 ± 0.087	16.61 ± 0.494
b+	54.29 ± 0.182	55.92 ± 0.618	55.30 ± 0.488

* Resultado del promedio de 3 valores

Los datos logrados pueden ser comparados con los establecidos por la Norma Técnica Peruana (NTP 011.044:2013) para pulpa de lúcuma congelada. Con respecto al pH se indica que este debe de ser de $5 \pm 0,5$, encontrándose los valores obtenidos dentro del rango, como Beltrán con 4.8, trompito con 4.9 y María Belén con 4.6.

Para el caso de los sólidos solubles la NTP indica que la pulpa congelada de lúcuma debe tener mínimo 20°Brix, confirmando que nuestros valores son adecuados, ya que Beltrán tiene 23.43, Trompito 29.49 y María Belén 32.1. En base a ello podemos observar que dentro de las características reportadas por Glorio et al. se menciona que la lúcuma tenía 7.9 °Brix, a diferencia de la lúcuma del presente estudio, ello nos indica que el nivel de azúcar es mucho mayor en este caso, por lo que ha ocurrido una degradación tanto de almidón como de los polisacáridos de la pared celular, estando estos clasificados como fibra dietaria. (Glorio et al., 2008)

En la Fig. 14. se puede apreciar el color de las pulpas en estado de maduración final luego de haber sido procesada, en comparación con la tabla de color establecida en la Norma Técnica Peruana (NTP) para lúcuma fresca. Se puede observar que los tres tipos biotipos de lúcuma muestran pulpas de color naranja oscuro.

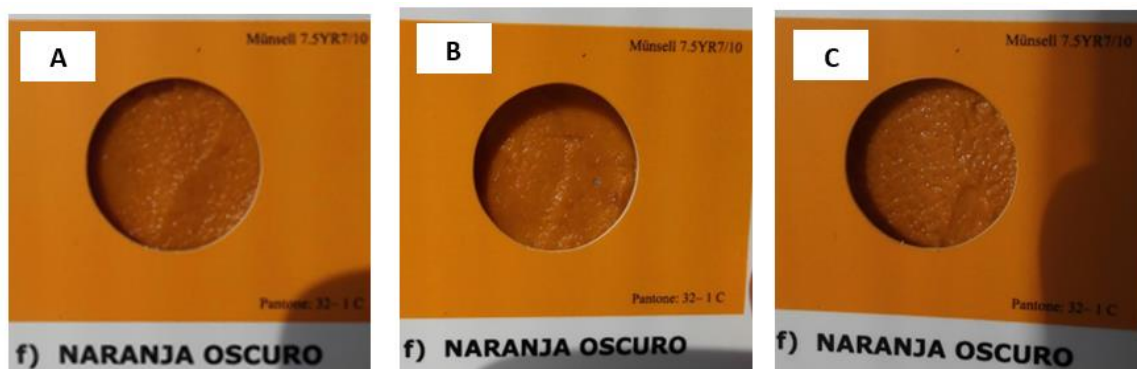


Fig. 14. Color de pulpa de lúcuma: Trompito, (B) Beltrán y (C) María Belén.

Análisis químico proximal

Tabla 6.

Análisis químico proximal de la pulpa de lúcuma (base seca).

Proximal (base seca)	María Belén	Trompito	Beltrán
Proteína cruda (%N x 6.25)	6.08 ± 0.01	4.28 ± 0.02	5.96 ± 0.01
Grasa cruda (%)	1.31 ± 0.12	1.23 ± 0.04	1.47 ± 0.03
Fibra cruda (%)	2.11 ± 0.07	2.65 ± 0.08	2.61 ± 0.03
Cenizas (%)	0.72 ± 0.01	1.42 ± 0.12	1.85 ± 0.08
Carbohidratos totales (%)	84.18 ± 0.08	83.87 ± 0.08	81.44 ± 0.11
Humedad (%) (fruto)	54.00 ± 2.69	59.80 ± 1.98	59.00 ± 1.13

Resultado del promedio de 2 valores

Fibra dietaria insoluble (FDI), soluble (FDS) y total (FDT)

Los resultados presentan valores similares para los tres biotipos de lúcuma, con respecto a la fibra dietaria insoluble (FDI) trompito presenta mayor porcentaje con 13.81%, por el lado María Belén presenta 12.26% y Beltrán contiene 13.02 %. Para la fibra dietaria soluble (FDS), se puede apreciar que Beltrán posee 1.98%, María Belén presenta 1.52% y el menor porcentaje pertenece a trompito con 1.37%. En relación a la fibra dietaria total

(FDT) no se aprecia una diferencia significativa entre los tres biotipos de lúcura sin embargo Beltrán y Trompito presentan 15% y 15.18% respectivamente y María Belén que presenta 13.77%.

Glorio et al. reportaron valores de fibra dietaria para lúcura de palo y de seda; la lúcura de seda tuvo un valor de 28.59% en fibra insoluble y 3,88% en fibra soluble expresado en base seca (Glorio et al., 2008).

Los valores difieren mucho de los encontrados en la pulpa congelada de los tres biotipos. Como se sabe, conforme avanza la maduración o el tiempo de almacenamiento se da el ablandamiento de los tejidos puesto que los polisacáridos que componen la pared celular sufren despolimerización por una creciente acción enzimática (Fry, 1995).

Yashoda et al. demostraron como enzimas como las hemicelulasas, celulasas, poligalacturonasas y amilasas incrementan marcadamente su actividad a partir de un estadio pre-climatérico en mango (*Mangifera indica L.*) continua aumentando hasta un estadio de total madurez (Yashoda et al., 2007).

Por otro lado, se han reportado valores en g/ 100g de porción comestible de diversos alimentos frescos, los granos van entre 0.7 a 17.3; las legumbres entre 1.9 y 17.7; los vegetales y tubérculos entre 1.2 y 7.8 con excepciones como la calabaza amarga con 16.6; y las frutas entre 0.5 y 3.39. (Dhingra et al., 2012)

Del mismo modo, comparando con los valores que Dreher (2001) reportó de frutos en materia seca, los valores de fibra dietaria insoluble de lúcura superan a frutos como la manzana (8,44%), banano (7,79%), durazno (6,49%) y es comparable con los arándanos (15,58%). En el caso de materia fresca la lúcura con valores equivalentes entre 6,1% y 6,3% de fibra dietaria total y valores de entre 5,3% y 5,6% de fibra insoluble, superan a los frutos reportados que presentan valores de fibra dietaria total entre 0,7% y 3,4% y valores de fibra dietaria insoluble entre 0,4% y 2,4%.

Tabla 7.

Contenido de fibra dietaria en la pulpa de lúcum (base seca)

Biotipo	Beltrán	Trompito	María Belén
Fibra insoluble %	13.02 ± 0.89 ^a	13.81 ± 1.27 ^a	12.26 ± 1.21 ^a
Fibra soluble %	1.98 ± 1.62 ^a	1.37 ± 0.36 ^a	1.49 ± 0.35 ^a
Fibra total %	15.00 ± 1.13 ^a	15.18 ± 1.41 ^a	13.75 ± 1.50 ^a

Resultado del promedio de 4 valores; diferentes letras en una fila indican diferencias significativas (p<0.05)

Determinación de Hemicelulosa, Celulosa y Lignina

Tabla 8.

Contenido de hemicelulosa, celulosa y lignina en la pulpa de lúcum (base seca).

Biotipo	Beltrán	Trompito	María Belén
FDN %	12.94 ± 1.26	14.94 ± 2.23	9.07 ± 0.17
FDA %	3.49 ± 0.13	4.10 ± 0.09	8.76 ± 0.42
Hemicelulosa %	9.45 ± 1.13 ^a	10.85 ± 2.14 ^a	0.31 ± 0.25 ^b
Celulosa %	3.01 ± 0.28 ^a	3.59 ± 0.00 ^a	5.62 ± 0.33 ^b
Lignina %	0.49 ± 0.15 ^a	0.50 ± 0.09 ^a	3.42 ± 0.47 ^b

Resultado del promedio de 2 valores; diferentes letras en una fila indican diferencias significativas (p<0.05)

Hemicelulosa.

La maduración de la fruta afecta y genera cambios en la pectina y hemicelulosa de la pared celular. (Kapil Ghai; Gupta & Gupta, 2016) La división de las moléculas de hemicelulosa en estado inicial de ablandamiento puede interferir en la estructura de celulosa-hemicelulosa causando la pérdida de rigidez en la pared celular. (Wakabayashi, 2000 en Cheng et al., 2009)

En los biotipos de lúcum se observa que Beltrán y Trompito no presentan diferencia significativa entre ellos con 9.45% y 10.85% respectivamente, pero ambos si presentan diferencia significativa con María Belén que posee 0.31% la cantidad reducida se puede atribuir a la acción de las enzimas por estado maduro del fruto, esta

se puede confirmar con la cantidad de azúcares encontrados en cada biotipo de lúcuma. Un artículo sobre los cambios fisicoquímicos durante la maduración de *Trewia nudiflora* Linn afirman también que el contenido de polisacáridos de la pared celular se reduce a medida que madura el fruto, mientras que la glucosa va incrementándose. (Kapil Ghai; Gupta & Gupta, 2016)

Un estudio de red de celulosa-hemicelulosa de banano ((*Musa* spp., AAA) indica que el fruto al madurar pierde hemicelulosa desde el estado I de maduración al V terminando con 21.14 mg/g materia fresca. (Cheng et al., 2009)

Celulosa.

Las microfibrillas de celulosa son cadenas de glucanos unidos por enlaces β -1,4 que forman asociaciones estrechas, paralelas y laterales de cantidades diferentes de monómeros y en función de cada especie. Estas asociaciones pueden ser suficientemente estrechas que resultan en fibras rígidas, insolubles, y cristalinas. (Rose & Bennett, 1999)

En los resultados se obtuvieron valores de 3.01% para Beltrán, 3,59% para Trompito y 5.62% para María Belén. Al igual que en hemicelulosa se presenta diferencia significativa entre Maria belén y los otros dos biotipos. Un estudio hecho por Eric Lund y John Smoot (1982), indican que la mayoría de frutos y verduras tropicales poseen de 0.1 a 0.9 % de celulosa en materia fresca. Existen excepciones como es el caso de la sapodilla que es familia de la lúcuma que presenta 10.85% en materia seca, valor alto a comparación de otros frutos tropicales estudiados y cercano al resultado obtenido para María Belén, lo que nos permite inferir que este biotipo es gran fuente de celulosa.

Lignina.

De los resultados se puede afirmar que no existe diferencia significativa ente los biotipos Beltrán y Trompito, donde se obtuvieron valores de 0.49% y 0,50% respectivamente. En el caso de María Belén se alcanzó 3.42%.

Eric Lund y John Smoot (1982) indicaron que los frutos y vegetales tropicales poseen alrededor de 0.025 a 0.17% de lignina en fresco. Sin embargo, se presentó un

mayor contenido de lignina en frutos como la sapotilla con 10.31% materia seca que nos permite deducir que el valor obtenido para María Belén es alto a comparación de los otros biotipos. Por ende se puede afirmar que el biotipo María Belén es una fuente abundante de lignina.

Azúcares totales

De los resultados obtenidos se sabe que el biotipo María Belén posee mayor cantidad de azúcar con 663.2 mg por gramos de muestra seca, no presenta diferencia significativa con trompito. Por otro lado Beltrán presenta la menor cantidad de azúcar por gramo de muestra seca con 473.2mg y se puede apreciar que no presenta diferencia significativa con el biotipo trompito tiene 586.2 mg, pero si con el biotipo María Belén.

Fuentealba et al. recientemente realizaron un análisis de HPLC donde reportaron valores de azúcares totales (mg por gramos de muestra seca) de 119.4, 344.3 y 212.8 para los biotipos de lúcuma Rosalia, Montero y Leiva 1, respectivamente, en un estadio de madurez correspondiente a una abscisión natural desde el árbol. Asimismo, la variedad Leiva 1 fue estudiada en tres estadios de madurez donde se demostró como aumentaba el contenido de azúcares totales obteniendo 257.6mg/ gr muestra seca en el estadio final correspondiente a una semana posterior a la cosecha; Los azúcares predominantes fueron la glucosa y fructosa. (Fuentealba et al., 2016). Yahia y Gutiérrez-Orozco (2011) reportaron un valor total de 404.2mg/ gr muestra seca en lúcuma. (Yahia & Gutiérrez-Orozco, 2011)

Al igual que el mamey (*Pouteria sapota*), mismo género de la Lúcuma, la cantidad de azúcar encontrada en las muestras están en función a la madurez del fruto, ya que a medida que el fruto madura el contenido de almidón decrece y el nivel de azúcar aumenta. Bautista-Baños et al. (2007), muestran una tabla en donde comparan diferentes fuentes que han estudiado al mamey confirmando que a mayor grado de madurez, mayor es la cantidad de azúcar en el fruto.

La variedad Beltrán presenta un valor más cercano a los reportados para otras variedades de lúcuma como se señala en los párrafos anteriores. Ello nos indica que la variedad Trompito y María Belén podrían haber pasado por un proceso de conversión a azucares más rápido que Beltrán a pesar de tener las mismas condiciones ambientales y tiempo previo al procesamiento. En este biotipo se debió haber reducido el contenido de

almidón por hidrólisis y degradación enzimática de polisacáridos de la pared celular para así producirse un incremento del contenido de azúcares (Chaimanee & Suntornwat, 1994, Gomez, Lajolo & Cordenunsi, 2002)

Tabla 9.

Contenido de azúcar según biotipo de lúcuma (base seca).

Biotipo	Beltrán	Trompito	María Belén
mg azúcar/gr muestra	473.2 ± 29.5 ^a	586.2 ± 121.5 ^{ab}	663.2 ± 66.9* ^b

Resultado del promedio de 6 valores y 5 valores*; diferentes letras en una fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Forma y tamaño del gránulo de almidón

En las Fig. 15, 16, 17 y 18 se presentan micrografías de los gránulos de almidón extraídos de la pulpa de los tres biotipos de lúcuma, así como de una muestra de almidón de maíz comercial presentada como referencia.

En las Fig. 15 y 16 se aprecian los gránulos empleando una magnificación de X1000, ello permite hacer comparaciones entre los tamaños y formas que puedan presentarse.

Es así que se obtuvo un promedio de los tamaños de los gránulos de los tres biotipos de lúcuma y del estándar que es maíz, como se presenta en la tabla 10. Para el caso de trompito se obtuvo una longitud mayor de 7.74 μm y una menor de 7.28 μm siendo estas medidas las más pequeñas en comparación con los otros biotipos.

Por otro lado Beltrán presentó una longitud mayor de 8.31 μm y una longitud menor de 7.91 μm . Sin embargo, el gránulo de almidón que presenta mayor tamaño es el del biotipo de María Belén con una longitud mayor de 8.53 μm y una menor de 8.12 μm . Las diferencias entre la longitud mayor y menor de cada biotipo es pequeña lo que permite deducir que la forma del gránulo de almidón es aproximadamente esférica.

Por otro lado el gránulo de almidón del maíz presenta una forma irregular, ovalada con una longitud mayor de 14.48 μm y una longitud menor de 12.29 μm dando así a conocer que el tamaño que presenta es mayor que el del gránulo de almidón de lúcuma.

Esta medida coincide con el rango previamente hallado, donde se informa que el gránulo de almidón de maíz mide entre 10 a 15 μm (Espinoza-Solis, et al., 2009).

Otros frutos como el mango (*Mangifera indica* L.) pueden ser considerados pequeños en comparación con los del maíz. Según un estudio realizado por Espinoza-Solis, et al., (2009) los gránulos de almidón de dos biotipos presentan un tamaño de entre 5 a 10 μm , rango en el que también se encuentran los gránulos de almidón de lúcuma.

Por otro lado varios estudios realizados a los gránulos de almidón de banano verde (principalmente estudiado) indican que la medida del eje mayor se encuentra entre 6 a 80 μm , encontrándose generalmente entre las 20 y 60 μm . Estas medidas nos permiten concluir que el tamaño del almidón de lúcuma es pequeño en comparación con otros frutos.

Tabla 10.

Tamaño promedio del gránulo de los almidones.

Muestra	Longitud Mayor (μm)	Longitud Menor (μm)
Trompito	7.74 $\pm$ 1.77 ^a	7.28 $\pm$ 1.74 ^a
Beltrán	8.31 $\pm$ 2.08 ^a	7.91 $\pm$ 1.67 ^a
María Belén	8.53 $\pm$ 1.74 ^a	8.12 $\pm$ 1.45 ^a
Maíz	14.48 $\pm$ 4.33 ^a	12.29 $\pm$ 3.46 ^a

Resultado del promedio de 30 valores; diferentes letras en una fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Los tres biotipos muestran formas esféricas en su mayoría así como medias esferas, algunos con hundimientos que no generan una diferenciación mayor entre los gránulos dentro de la muestra.

En las Fig. 17 y 18 se aprecian los gránulos desde un aumento de X3000, ello permite observar la superficie lisa que presentan la mayoría de almidones de los tres biotipos.

Los gránulos de almidón de los tres biotipos de lúcuma tienden a ser esféricos, lo que nos permite inferir que estos poseen un hilum o centro concéntrico haciendo al gránulo más circular. (Salas y Medina, 2008) Los gránulos de almidón de mango (*Mangifera indica* L.) al igual que los de lúcuma tienen forma esférica (Bello-Pérez, et al., 2005)

El caso del granulo de almidón de maíz (D) es una excepción a la regla, ya que este posee un hilum concéntrico por lo tanto debería tener forma circular sin embargo, tiene fallas poliédricas asegurando que este posee una estructura mixta. (Salas & Medina, 2008). Esa es la razón por la que la forma es altamente heterogénea mostrándose circular, así como ovalada y poligonal.

Por otro lado los gránulos de almidón del banano (*Valery bananas*) poseen una forma irregular, ovalada alargada con arrugas (Zhang et al., 2005) Según Kayisu et al. (1981) la superficie de los gránulos de almidón del banano maduro de la variedad Valery presentan estrías que permiten deducir que existen aéreas de fácil hidrólisis y otras más resistentes, debidos a las regiones cristalinas presentes en estos luego de una hidrólisis/ digestión parcial (Kayisu et al., 1981)

Según los resultados obtenidos por Beatriz Cordenussi et al. existe diferencia entre los gránulos de almidón de banano verde y maduro. Los gránulos no maduros presentan una forma ovalada y redonda con superficie lisa, a medida que avanzan los días y se madura el fruto estos se elongan y presentan estrías por las regiones duras y suaves del gránulo, como consecuencia de la degradación radial, es decir que los gránulos de almidón van perdiendo las capas externas por la degradación y van reduciendo su tamaño. Esto nos permite inferir que los gránulos de almidón de la lúcuma madura han sido afectados por enzimas amilolíticas durante la maduración del fruto, por ende el tamaño de los gránulos de almidón cuando la lúcuma estaba verde pudo haber sido mayor.

Además en el Anexo 11 se pueden observar las micrografías del almidón de mango (*Mangifera indica* L.), manzana (*Granny Smith variety*) y banano reportadas (*Musa paradisiaca* L.) por Carrín et al. (2004) y Espinosa-Solis et al. (2009). En ellas se observa el similitud en cuanto a la forma esférica con el almidón de mango y manzana (*domestica*), y la diferencia con el banano cuya forma es ovalada y de un mayor tamaño.

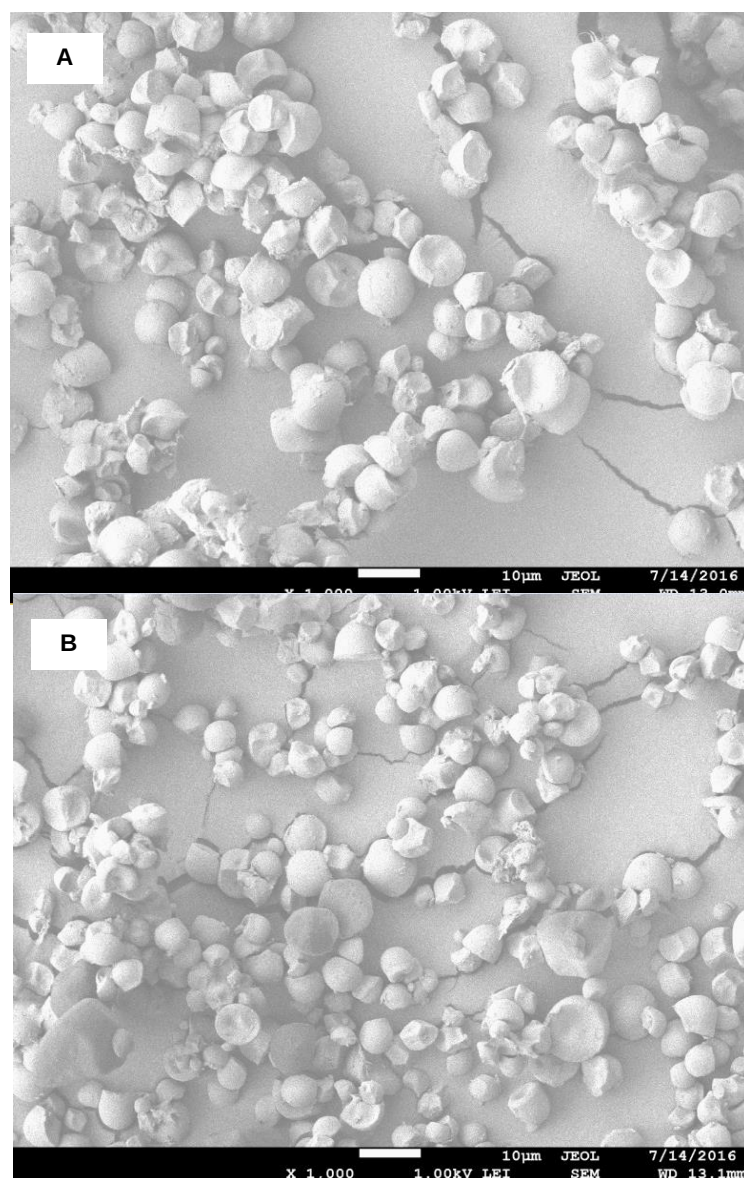


Fig. 15. Micrografías de gránulos de almidón a X1000: (A) María Belén (B) Trompito

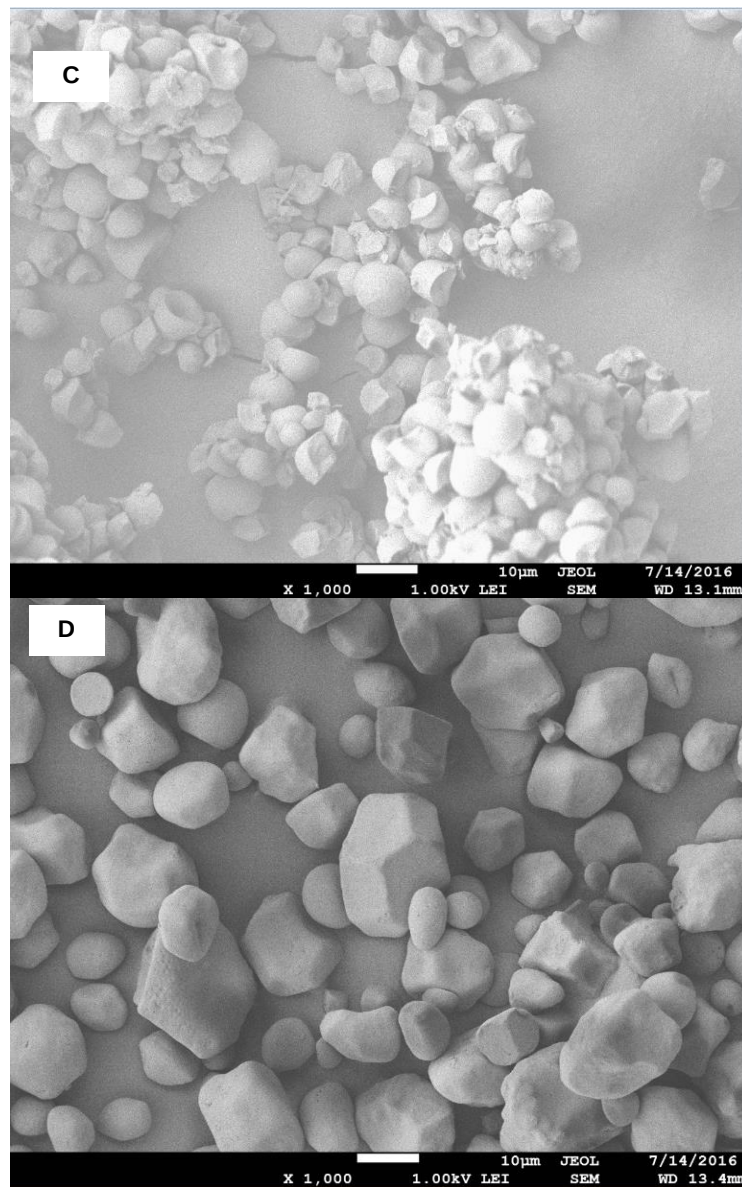


Fig. 16. Micrografías de gránulos de almidón a X1000: (C) Beltrán (D) Maíz

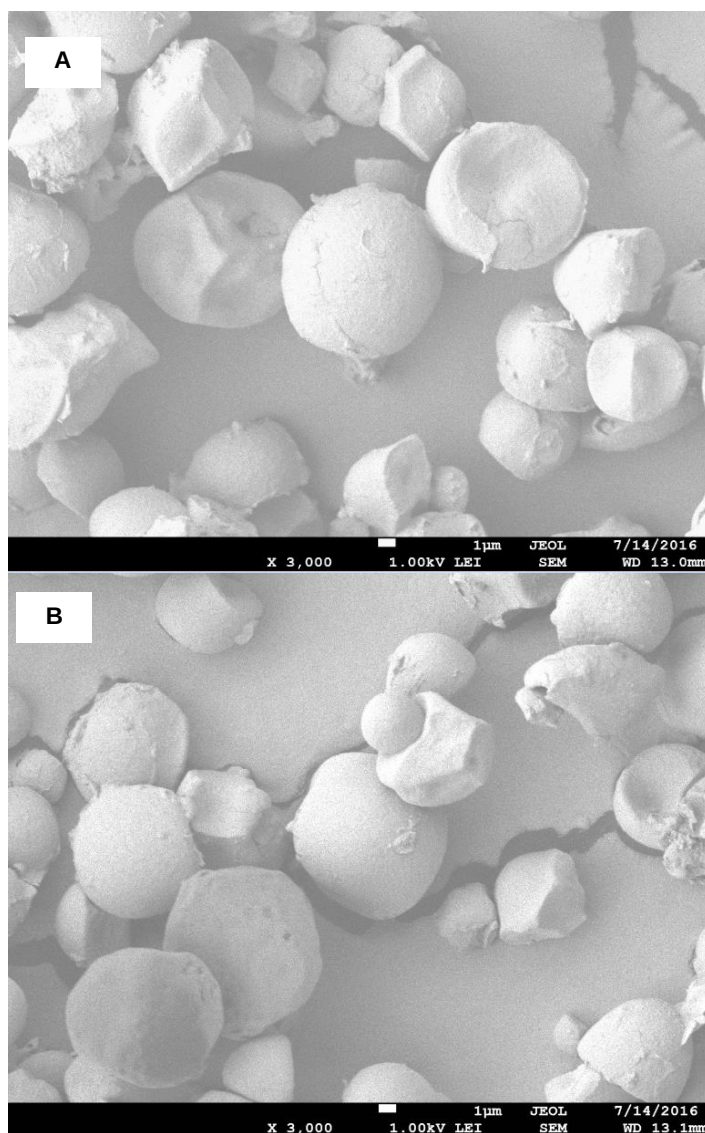


Fig. 17. Micrografías de gránulos de almidón a X3000: (A) María Belén (B) Trompito

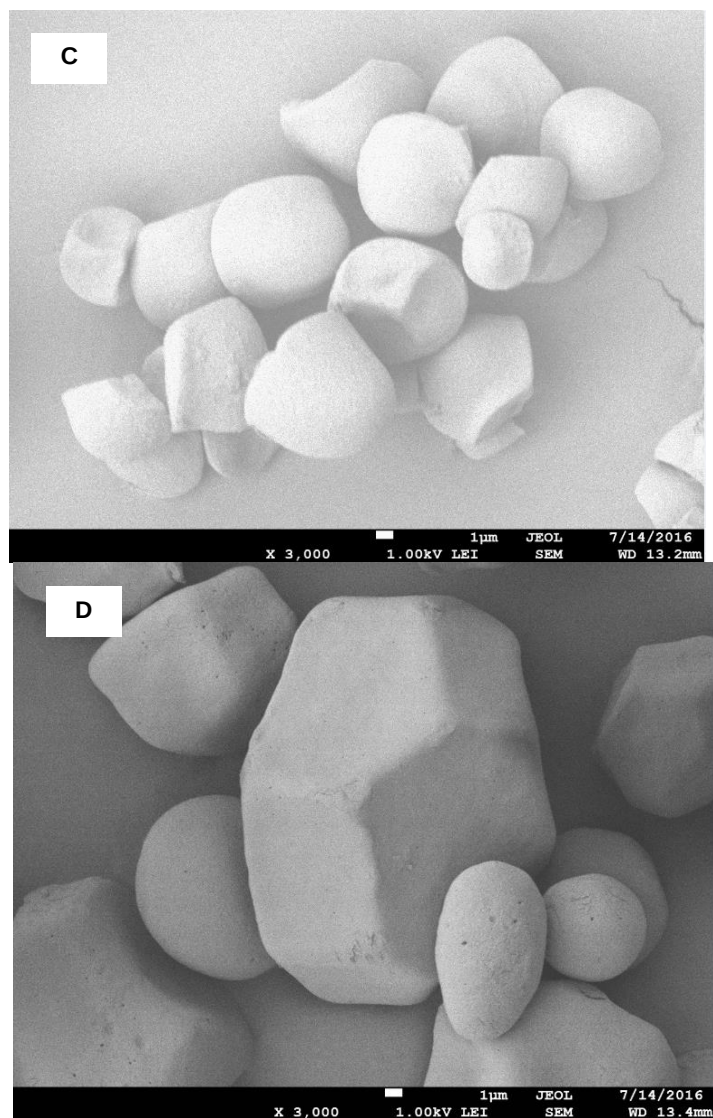


Fig. 18. Micrografías de gránulos de almidón a X3000: (C) Beltrán (D) Maíz

Contenido de amilosa

Los tres biotipos de lúcuma mostraron valores significativamente diferentes. El biotipo Beltrán mostro el porcentaje de amilosa más alto, seguido del biotipo Trompito, y al final María Belén, como se aprecia en la Tabla 11.

Tabla 11.

Porcentaje de amilosa según biotipo de lúcuma.

Biotipo	Beltrán	Trompito	María Belén
Amilosa %	20.10 ± 0.36 ^a	18.13 ± 0.40 ^b	16.66 ± 0.40 ^c

Resultado del promedio de 3 valores; diferentes letras en una fila indican diferencias significativas (p<0.05)

Según Tester et al. (2004) los almidones regulares poseen de 20% a 30% de amilosa; el almidón de Beltrán se encuentra dentro del rango; mientras que Trompito y María Belén están por debajo del promedio.

Diversos autores indican que el almidón con gran cantidad de amilosa corresponde al almidón resistente del tipo 2, el cual presenta resistencia a la digestión enzimática (Sajilata et al., 2006; Gray, 2006; Liu, 2005); asimismo, Delpeuch & Favier (1980) informan que los gránulos de almidón con poca amilosa y de tamaño pequeño son más sensibles a la acción de la alfa-amilasa. Estas dos características observadas en el almidón de lúcuma nos permiten inferir que se trata de un tipo de almidón no resistente a la digestión enzimática, lo cual es independiente de los efectos beneficiosos de la fibra dietaria.

Rolland-Sabaté junto con otros investigadores estudiaron el contenido amilosa en fuentes importantes de almidón, obteniendo para diferentes variedades de yuca silvestre valores entre 16.8% y 17.7%, para papa 22.5% y para maíz 25%. (Rolland-Sabaté et al., 2012). Por otro lado para almidón de frutas hay diversos valores reportados, como es el caso del mango con 13% (Bello-Pérez et al., 2005) y para banano variedad Valery de entre 16% y 19.5% (Kayisu & Hood, 1981; Ling, 1982)

Gao junto con otros investigadores analizaron los cambios en el almidón de plátano (tipo de banano consumido luego de ser cocinado) y banano variedad

Cavendish (tipo de banano consumido como postre) en diferentes tiempos del proceso de maduración. Ambos poseían almidón del tipo resistente y no resistente pero el plátano superaba al banano en la proporción de almidón resistente; lo mismo ocurrió con el contenido de amilosa para ambos. Se demostró una relación positiva entre el contenido de amilosa y almidón resistente así como una relación opuesta entre la madurez, y el contenido de amilosa y almidón resistente. (Gao et al., 2016)

La degradación del almidón se da principalmente por las α -amilasas. En otro estudio comparativo de plátano y banano se presentaron resultados similares; hay una mayor susceptibilidad a la degradación para los gránulos pequeños y redondos. Características como la distribución de la matriz de amilosa, la forma y tamaño del gránulo. La ampliación de la laminilla cristalina hace que los gránulos sean más resistentes a la degradación enzimática (Soares et al., 2011), como se explica en el marco teórico en el punto de morfología.

CONCLUSIONES

La medida de los gránulos de almidón de los tres biotipos María Belén, Beltrán y Trompito son muy similares y de forma esférica con valores 7.28 y 8.53 μm .

El porcentaje de amilosa presente en los gránulos de almidón presenta diferencias significativas entre los tres biotipos de lúcuma. En adición, el contenido de amilosa para todos los casos es bajo con valores entre 16.66 y 20.10%, por ende no se consideraría como almidón resistente.

El contenido de fibra dietaria total de los biotipos no presenta diferencias significativas con valores entre 13.75 y 15.18%. Además que estos valores son aceptables para considerar un posible efecto fisiológico positivo.

El contenido de azúcares para los tres biotipos fue alto y representó el principal macrocomponente presente en la lúcuma. El biotipo María Belén tuvo un valor 663.2 mg azúcar/ gr muestra, Beltrán 473.2 y Trompito 586.2. Siendo los valores de María Belén y Beltrán significativamente diferentes.

Al ser alto el contenido de azúcares en la lúcuma este puede ser utilizado en la industria como fuente edulcorante como alternativa de fuentes tradicionales.

RECOMENDACIONES

En la investigación realizada se encontraron valores de fibra dietaria y amilosa en almidón que fueron afectados por la madurez y proceso por el que pasó la pulpa, sería interesante realizar análisis en las diferentes etapas de madurez de la lúcuma y con la pulpa sin procesar.

Por otro lado, recomendamos realizar análisis similares en la lúcuma tipo Palo, ya que es utilizada para la elaboración de harina de lúcuma siendo este el segundo mayor producto exportado y podría presentar características con diferencias marcadas en comparación de la lúcuma tipo seda que se utilizó en esta investigación; completando así el estudio de los dos tipos de lúcuma que se conocen en el Perú.

Finalmente, para confirmar el carácter funcional de la fibra dietaria de la lúcuma es recomendable realizar ensayos in vitro con células humanas o in vivo usando animales.

BIBLIOGRAFÍA

Agroenfoque. (2001). *Origen de la Lúcuma*. (Nov.): 39-41.

Álvarez, Z., Bravo, L. & Tagami, R. (2006). *Plan de negocios para la industrialización y exportación de lúcuma seda*. (Tesis magisterial). Universidad ESAN. Lima, Perú.

Araneda, M. (2015, Noviembre 9). *Hidratos de carbono*. Recuperado de <http://www.edualimentaria.com/hidratos-de-carbono-caracteristicas-propiedades>

Balbi, M. (2003). *Lúcuma: Un legado de sabor prehispánico*. (1ra. ed.) Lima, LIM: Edición del autor.

Bautista-Baños, S., Alia-Tejacal, I., Villanueva-Arce, R., Pelayo-Zaldívar, C., Colinas-León, M.T., & López-Martínez, V. (2007). Postharvest physiology and technology of sapote mamey fruit (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn). *Postharvest Biology and Technology*, 45 (3), 285-297.

BeMiller, J. & Huber, K. (2008). Carbohidratos. En R.Owen Fennema, Kirk L.Parkin & Srinivasan Damodaran (Eds.), *Química de los alimentos (3ra ed.)* España, ES: ACRIBIA S.A.

Belitz, H. D & Grosch, W. (1992). *Química de los alimentos*. (2da ed.) Zaragoza, ZAR: ACRIBIA S.A.

- Bello-Pérez, L.A., Aparicio-Saguilán, A., Méndez-Montealvo, G., Solorza-Feria, J. & Flores-Huicochea, E. (2005). Isolation and Partial Characterization of Mango (*Mangifera indica* L.) Morphological, Physicochemical and Functional Studies. *Plant Foods for Human Nutrition*, 60 (1), 7-12.
- Bobbio, F.O. & Bobbio, P.A. (2003). *Manual de laboratorio de química de alimentos*. Sao Paulo, SP: Valera.
- Brack, A. (1999). *Diccionario enciclopédico de plantas útiles del Perú*. Cusco, CUZ: Centro de Estudios Regionales Andinos "Bartolomé de las Casas" (CBC)
- Brummer, Yolanda & Cui Steve W. (2005). Understanding Carbohydrate Analysis. En Steve W. Cui (Ed.). *Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties, and Applications*. (1st. ed.) Florida, FL: CRC Press.
- Carrín, M. Elena; Ceci Liliana N. & Lozano, Jorge E. (2004). Characterization of starch in Apple juice and its degradation by amylases. *Food Chemistry*, 87 (2), 173-178.
- Cheng, G., Duan X., Jiang, Y., Sun, J., Yang, S., Yang, B., He, S., Liang, H. & Luo, Y. (2009). Modification of hemicellulose polysaccharides during ripening of postharvest banana fruit. *Food Chemistry*, 115 (1), 43-47.
- Chesson, A. (2006). Dietary Fiber. En Alistair M. Stephen, Glyn O. Phillips & Peter A. Williams (Eds.). *Food Polysaccharides and Their Applications* (2nd ed.) Florida, FL: CRC Press.

Chow, Pak S. & Landhäusser, S. M. (2004). A method for routine measurements of total sugar and starch content in woody plant tissues. *Tree Physiology*, 24 (10), 1129 –1136.

Codex Alimentarius. FAO, Roma: Unión FAO/WHO Food Standards Programme, Secretariat of the Codex Alimentarius Commission. (2015). Guidelines on nutrition labelling CAC/GL 2-1985 en su última enmienda 2013.

Codex Alimentarius. FAO, Roma: Unión FAO/WHO. CODEX STAN 305R - 2011. Norma Regional del Codex para la Lúcumá.

Coffey, D. G., Bell, D. A. & Henderson, A. (2001). Cellulose and Cellulose Derivatives. En M. L. Dreher & S. S. Cho (Eds.). *Handbook of dietary fiber*. New York, NY: Marcel Dekker, INC.

Cordenunsi, B. & Lajolo, F. (1995). Starch Breakdown during Banana Ripening: Sucrose Synthase and Sucrose Phosphate Synthase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43 (2), 3437-351.

Cornuéjols, D. & Pérez, S. (2010). Starch: a structural mystery. *Science in School*, 14, 22-27.

Coultate, T.P. (1998). *Manual de Química y Bioquímica de los Alimentos*. (2da ed.) Zaragoza, ZAR: ACRIBIA S.A

Coussement, P. & Franck A. (2001). Inulin and Oligofructose. En M. L. Dreher & S. S. Cho (Eds.). *Handbook of dietary fiber*. New York, NY: Marcel Dekker, Inc.

DeMan, John M. (1999). *Principles of Food Chemistry*. (3ra ed.) Maryland, MD: Aspen Publishers Inc.

Del Castillo, R. (2006). *Estudio Técnico de la producción de harina de lúcuma en la sierra de Piura*. (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura.

Delpeuch, F. & Favier J.C. (1980). Caractéristiques des amidons de plantes alimentaires tropicales: Action de l'alpha-amylase, gonflement et solubilité. *Annales de Technologie agricole*, 29 (1), 53-67.

DeVries, J. (2012). Total Dietary Fiber. *Medallion Labs Analytical Progress*.
Recuperado de http://www.medallionlabs.com/Downloads/dietary_fiber_web.pdf

Department of Health & Human Services (HHS) & United States Department of Agriculture (USDA); Office of Disease Prevention and Health Promotion. (2015). *Dietary Guidelines 2015 - 2020*. Recuperado de https://health.gov/dietaryguidelines/2015/resources/2015-2020_Dietary_Guidelines.pdf

Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H., & Patil, R. T. (2012). Dietary fibre in foods: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(3), 255–266.

Dreher, M. L. (1987). An Applied Approach. En M. L. Dreher & S. S. Cho (Eds.). *Handbook of dietary fiber*. New York, NY: Marcel Dekker, Inc.

Dreher, M. L. (2001). Dietary Fiber Overview. En M. L. Dreher & S. S. Cho (Eds.). *Handbook of dietary fiber*. New York, NY: Marcel Dekker, Inc.

- Dubois, Michael; Gilles, K. A.; Hamilton, J. K; Rebers, P. A. & Smith Fred. (1956).
Colorimetric method for determination of sugars and related substances.
Analytical chemistry, 28 (3), 350-356.
- Endress H. U. & Mattes Frank. (2009) .Pectin. En S. S. Cho & P. Samuel (Eds.) *Fiber Ingredients, Food applications and health benefits*. (2da ed.). Florida, FL: CRC Press.
- Escudero Álvarez, E. & González Sánchez, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, 21 (2), 61-72.
- Espinosa-Solis V.; Jane, Jay-lin & Bello-Perez, L. A. (2009). Physicochemical Characteristics of Starches from Unripe Fruits of Mango and Banana. *Starch - Stärke*, 61 (5), 291-299.
- European Food Safety Authority (EFSA). (2010). Opinion of the Scientific Panel on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal*, 8 (3), 1462.
- Fahey, GC Jr., Merchen, NR., Corbin, JE., Hamilton, AK., Serbe, KA., Lewis, SM. & Hirakawa, DA. (1990). Dietary fiber for dogs: Effects of graded levels of dietary beet pulp on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. *Journal of Animal Science*, 68(12), 4221- 8.
- Feldman, Monica. 2015. *Consumer Health in 2015-Trends and Prospects for a Healthier World*. Recuperado de <http://euromonitor.com> el 26 de enero del 2016.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1986). Food Analysis: General techniques, additives, contaminants and composition. En *Manuals of food quality control*. Rome, ROM, Vol. 14/7, 221-223

Food and Drugs Administration (FDA). (s.f) *Guía para la industria: Guía de Etiquetado de Alimentos*. Recuperado de <http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/LabelingNutrition/ucm247920.htm>

Food-Info. (2014). Ratio de amilosa y amilopectina en algunos almidones. En "Starch". Recuperado de <http://www.food-info.net/uk/carbs/starch.htm>

Franciosi, R. (1992). El cultivo del lúculo en el Perú. (1ra. ed.) FUNDEAGRO, Perú.

Franck, A. (2006). Inulin. En M. Stephen Alistair, O. Phillips Glyn & A. Williams Peter (Eds.) *Food Polysaccharides and Their Applications*. (2da ed.) Florida, FL: CRC Press.

Fry, S.C. (1995). Polysaccharide-Modifying Enzymes in the Plant Cell Wall. *Annual Reviews of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 46, 497-520.

Fuentealba, C.; Gálvez, L.; Cobos, A.; Olaeta, J. A. Defilippi, B. G.; Chirinos, R.; Campos, D. & Pedreschi, R. (2016). Characterization of main primary and secondary metabolites and in vitro antioxidant and antihyperglycemic properties in the mesocarp of three biotypes of *Pouteria lucuma*. *Food Chemistry*, 190 (1), 403-411.

- Gallant, D.J., Bouchet B., Buléon A. & Pérez S. (1992) . Physical characteristics of starch granules and susceptibility to enzymatic degradation. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46 (2), 3-16.
- Geilfus, F. (1994). *El árbol al servicio del agricultor: Manual de agroforestería para el desarrollo rural*. (2da. ed.), Costa Rica, CRC: Unidad de Producción de Medios de CATIE Tumbalá.
- Glorio, P., Repo-Carrasco, R., Velezmoro, C., Anticona, S., Huaranga, R., Martínez, P., Melgarejo, S., Astuhuaman, L., Huamán, N.E., Icochea, J.C. & Peña, J.C. (2008). Fibra dietaria en variedades peruanas de frutas, tubérculos, cereales y leguminosas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 74 (1), 46-56.
- Goering, H. & Van Soest P. (1972). Análisis de fibra de forraje. Programa de forrajes. Boletín número 10. *Universidad Nacional Agraria la Molina*. Perú
- Gomez, M., Lajolo, F. & Cordenunsi, B. (2002). Evolution of Soluble Sugars During Ripening of Papaya Fruit and its Relation to Sweet Taste. *Journal of food science*, 67 (1), 442-447.
- Gord Kerr. (2015, Abril 15). *Benefits of Lucuma Powder*. Recuperado de <http://www.livestrong.com/article/479259-benefits-of-lucuma-powder/>
- Gray, J. (2006). Fibra dietética: Definición, análisis, fisiología y Salud. (1ra. ed.). Bruselas, : ILSI Europe
- Gray, J. (2003). Hidratos de carbono: Aspectos nutricionales y de salud. (1ra. ed.) Bruselas, BRU: ILSI Europe.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2007). NTP 011.041. Lúcura fresca: Requisitos. (1ra ed). Lima: INDECOPI

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2013). NTP 011.044. Lúcura (Pouteria lúcura R. y P.). Pulpa congelada. Requisitos. (1ra ed). Lima: INDECOPI

Imberty, A. & Pérez, S. (1988). A revisit to the 3-D structure of B-Type starch. *Biopolymers*, 27 (8), 1205-1221.

Izidoro, D. R., Junior, B. D.; Isidoro, C.W., Sierakowski, M. R., Sossela de Freitas, R. Scheer & De Paula Scheer, A. (2007). Granules Morphology and rheological behavior of green banana (*Musa cavendishii*) and corn (*Zea mays*). *Ciência e Agrotecnologia*, 31 (5), 1443-1448.

Jane, J. (2009). Structural Features of starch granules II. En J. BeMiller & R. Whistley (Eds.). *Starch Chemistry and Technology*. (3ra ed.). Oxford, OX: Elsevier Inc.

Kapil Ghai, Gupta, P.K. & Gupta, A.K. (2016) Physiochemical behaviour changes during ripening in fruits of *Trewia nudiflora* Linn. *Recent Trends in Engineering and Material Sciences*, 8, 596-598.

Kayisu, K., Hood, L. F., & Vansoest, P. J. (1981). Characterization of starch and fiber of banana fruit. *Journal of Food Science*, 46 (6), 1885–1890.

Kearney, John. 2010. *Food consumption trends and drivers*. Recuperado de <https://royalsociety.org> el 26 de enero del 2016.

- Keys, A; Grande, F & Anderson, JT. (1961). Fiber and pectin in the diet and serum cholesterol concentrations in man. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 106(3), 555-558.
- Niness Kathy R. (1999). Inulin and Oligofructose: What are They?. *The Journal of Nutrition*, 129 (7),1402S-1406S.
- Madrigal L. & Sangronis E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericano de Nutrición*, 57 (4).
- Manrique, G.D. & Lajolo, F.M. (2004) Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya*). *Postharvest Biology and Technology*, 33 (1), 11-26.
- Mateu X. (2004). La fibra en la alimentación Farmacia Hospitalaria. Barcelona, BCN: Gráficas celler S.A., 19.
- Matos-Chamorro, A. & Chambilla-Mamani, E. (2010). Importancia de la Fibra Dietética, sus Propiedades Funcionales en la Alimentación Humana y en la Industria Alimentaria. *Revista de investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1 (1).
- McClearly, B., Sloane N. & Draga A. (2015). Determination of total dietary fiber and available carbohydrates: A rapid integrated procedure that simulates in vivo digestion. *Starch Journal*, 67 (9 -10), 860-883.

- Ministerio de Comercio exterior y turismo. (2009). *Perfil de mercado y competitividad exportadora de la Lúcumá*. Recuperado de <http://www.mincetur.gob.pe/comercio/OTROS/penx/pdfs/Lucuma.pdf>
- Montignac, M. (2016, Septiembre 20). *Factores que modifican el IG*. Recuperado de <http://www.montignac.com/es/factores-que-modifican-el-ig/>
- Molina, M. & Paz, M. (2007). La Fibra Dietética Procesada como Alimento Funcional. *Ámbito Farmacéutico, Nutrición*, 26 (1), 70-77.
- Landon, S., Colyer, CGB. & Salman, H. (2012). The resistant starch report. *Food Australia Supplement*.
- Lindstrom, J., Peltonen, M., Eriksson, JG., Louheranta, A., Fogelholm, M., Uusitupa, M & Tuomilehto, J. (2006). High-fibre, low-fat diet predicts long-term weight loss and decreased type 2 diabetes risk: the Finnish Diabetes Prevention Study. *Diabetologia*, 49 (5), 912-20.
- Liu, Qiang. (2005). Understanding Starches and Their Role in Foods. En Steve W. Cui (ed.). *Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties, and Applications*. (1ra ed.) Florida, FL: CRC Press.
- Lopes da Silva, J. A. & Rao M. A. (2006). Pectines: Structure, functionality, and Uses. En M. Stephen Alistair, O. Phillips Glyn A. Williams Peter (Eds.) *Food Polysaccharides and Their Applications*. (2da ed.). Florida, FL: CRC Press.
- Lucas-Aguirre, J.C., Montoya-Lopez, J. & Quintero-Castaño, V. (2014). Characterization of starch and flour of Gros Michel banana fruit (*Musa acuminata* AAA). *Acta Agronómica*, 64 (1), 12-22.

Lund, E., D. & Smoot, J., M. (1982) Dietary Fiber Content of Some Tropical Fruits and Vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 30(6), 1123-1127.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura de Chile. (2016, Agosto 10). Catastro Frutícola Ciren - Odepa. Recuperado de http://www.odepa.cl/documentos_informes/catastro-fruticola-ciren-odepa/

Peter, A. W., Alistair, M. S., Glyn O. P. & Churms, S. C. (2006). Gums and Mucilages. En M. Stephen Alistair, O. Phillips Glyn & A. Williams Peter (Eds.) *Food Polysaccharides and Their Applications*.(2da ed.). Florida, FL: CRC Press.

Pereira, M. A., O'Reilly, E., Augustsson, K., Fraser, GE., Goldbourt, U., Heitmann, BL., Hallmans, G., Knekt P., Liu, S., ... Ascherio, A. (2004). Dietary fiber and risk of coronary heart disease: a pooled analysis of cohort studies. *Archives of Internal Medicine*, 164 (4), 370-376.

Quiroga, C. (2008). Estructura química de la amilopectina, cadenas ramificadas con enlaces glucosídicos α -(1→4) y α (1→6) [Imagen]. En los almidones resistentes y la salud. *UPB - Investigación & Desarrollo*, No. 8: 131-142.

Quiroga, C. (2008). Estructura química de la amilosa, cadena lineales con enlaces glucosídicos α -(1→4) principalmente [Imagen]. En los almidones resistentes y la salud. *UPB - Investigación & Desarrollo*, No. 8: 131 - 142.

Quiroga, C. (2008). Segmentos de cadena de la estructura ramificada de la amilopectina, modelo clúster. [Imagen]. En los almidones resistentes y la salud. *UPB - Investigación & Desarrollo*, No. 8: 131 - 142.

- Rose, J. & Bennett, A. (1999) Cooperative disassembly of the cellulose-xyloglucan network of plant cell walls: parallels between cell expansion and fruit ripening. *Cell Press*, 4 (5), 176 – 183.
- Sajilata, M.G., Singhal R. & Kulkarni P. (2006). Resistant Starch- A review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 5 (1),1-17.
- Salas, J. & Medina, J. (2008). Caracterización morfológica del gránulo de almidón nativo: Apariencia, forma, tamaño y su distribución. *Revista de Ingeniería*. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 27, 56 - 62.
- Schirmer, M., Höchstötter, A., Jeckle, M., Arendt, E. & Becker, T. (2013). Physicochemical and morphological characterization of different starches with variable amylose / amylopectin ratio. *Food Hydrocolloids*. 32 (1), 52-63.
- Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias del Ministerio de Agricultura y Riego. (s.f.). Anuario de Producción Hortofrutícola 2013. Recuperado de <http://http://siea.minag.gob.pe/siea/?q=produccion-hortofruticola>
- Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior. (2016). Reporte de Productos de Biocomercio. Recuperado de <http://www.siicex.gob.pe/siicex/apb/ReporteProducto.aspx?psector=1025&prepreorte=prodemprvolu&pvalor=1933>
- Spiller, G. A., Chernoff, M. C., Hill, R. A., Gates, J.E., Nassar, J.J. & Shipley, E. A. (1980). Effect of purified cellulose, pectin, and a low-residue diet on fecal

volatile fatty acids, transit time, and fecal weight in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 33 (4), 754-759.

Shannon, J., Garwood, D. & Boyer, C. (2009). Genetics and Physiology of Starch Development. En J. BeMiller y R. Whistley (Eds.) *Starch Chemistry and Technology*. (3ra ed.). Oxford, OX: Academic Press.

Thomas, D. & Atwell, W. (1999). *Starches*. St. Paul Minn, MSP: Eagan press.

Trade Map (s.f). *Estadísticas de exportación e importación*. Recuperado de <http://www.trademap.org>

U.S. National Plant Germplasm System. (2001). *Pouteria lucuma* Taxonomy. Recuperado de <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?102617>

Van der Burgt, Y., Bergsma, J., Bleeker, I., Mijland, P., Foxhol, Kamerling, J. & Vliegenthart, J., Utrecht. (2000). Structural Studies on Methylated Starch Granules. *Starch/Stärke*. 52, (2-3), 40-43.

Villanueva, C. (2001). *La Lúcumá*. (1ra ed.) Lima, LIM: Asociación Casa Grande.

World Health Organization (WHO). (1997). Carbohydrates in human nutrition. En Report of a *Joint FAO/WHO Expert Consultation*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/w8079e/w8079e00.htm>

World Health Organization (WHO). (2003). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. En *Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation*. Technical Report Series 916, Ginebra, CH.

- Yahia, E. M., & Gutiérrez-Orozco, F. (2011). Lucuma (*Pouteria lucuma* (Ruiz and Pav) Kuntze). En E. M. Yahia (ed.). *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits*, 3, 443–449
- Yashoda, H.M., Prabha, T.N. & Tharanathan, R.N. (2007). Mango ripening – Role of carbohydrases in tissue softening. *Food Chemistry*, 102 (3), 691-698.
- Yue P. & Waring S. (1998). Functionality of resistant starch in food applications. En *Food Australia Supplement*.
- Zhang, P., Hamaker, B., Whistler R. & BeMiller, J. (2005). Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility - a review. *Carbohydrates Polymers*, 59 (4), 443-458.
- Zevillanos Garnica, R. (2003). *Caracterización del almidón de achira (Canna edulis) para su aprovechamiento agroindustrial* (Tesis de pregrado). Universidad San Ignacio de Loyola. Lima, Perú.
- .

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	MEDIDAS	MÉTODO
Problema general ¿La pulpa congelada de alguno de los tres biotipos de lúcuma (<i>Pouteria lúcuma</i>) presenta macrocomponentes relevantes para brindar atributos que beneficien en su comercialización?	Caracterización de los macrocomponentes de la pulpa congelada de tres biotipos (Beltrán, Trompito y María Belén) de lúcuma (<i>Pouteria lúcuma</i>)	Existe diferencia significativa entre los macrocomponentes de pulpa congelada de los tres biotipos de lúcuma (<i>Pouteria lúcuma</i>) a estudiar	Variable independiente Biotipos de lúcuma (<i>Pouteria lúcuma</i>): - Beltrán - Trompito - María Belén	Análisis proximal (%) Azúcares totales (mg/gr)	Cuantitativa Cuantitativa	Métodos oficiales AOAC y FAO Según Chow & Landhäusser (2004)
Problemas específicos ¿Presentan los biotipos Beltrán, Trompito y María Belén valores significativamente diferentes de azúcares? ¿Presentan los biotipos Beltrán, Trompito y María Belén valores significativamente diferentes de fibra dietaria y sus componentes? ¿Presentan los biotipos Beltrán, Trompito y María Belén valores significativamente diferentes de amilosa? ¿Presentan los biotipos Beltrán, Trompito y María Belén diferencias en el tamaño y forma de los gránulos de almidón?	Caracterizar el almidón. Caracterizar la fibra dietaria Cuantificar los macrocomponentes.	Los biotipos Beltrán, Trompito y María Belén presentan valores significativamente diferentes de azúcares Los biotipos Beltrán, Trompito y María Belén presentan valores significativamente diferentes fibra dietaria y sus componentes Los biotipos Beltrán, Trompito y María Belén presentan valores significativamente diferentes de amilosa Los biotipos Beltrán, Trompito y María Belén presentan diferencias en el tamaño y forma de los gránulos de almidón	Variable dependiente - Análisis proximal - Azúcares totales - Fibra dietaria total, soluble e insoluble - Celulosa, Hemicelulosa y Lignina componentes. - Amilosa - Forma y tamaño del gránulo de almidón.	Fibra dietaria total, soluble e insoluble (%) Celulosa, Hemicelulosa y Lignina (%) Amilosa (%) Forma (descripción) del gránulo de almidón Tamaño del gránulo de almidón (µm)	Cuantitativa Cuantitativa Cuantitativa Cualitativa Cuantitativa	Método AOAC 991.43 Según Goering y Van Soest (1972) Método de AACC 61-03 Micrografías Medición de gránulos

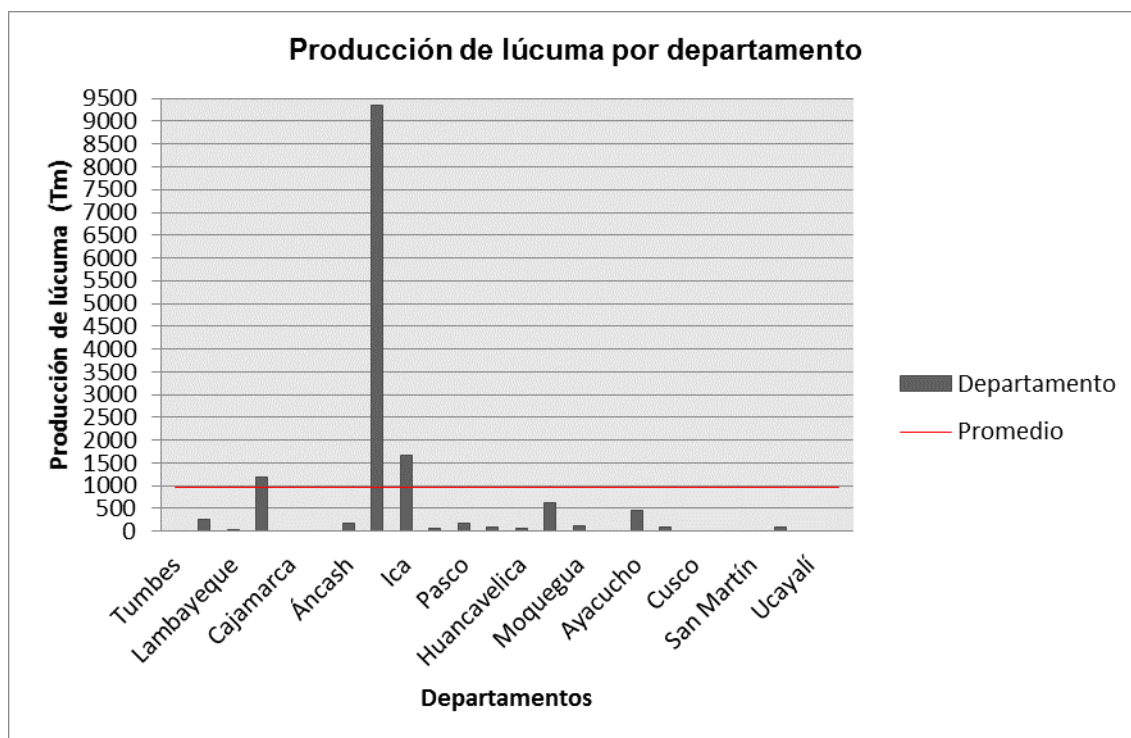
ANEXO 2

PRODUCCIÓN DE FRUTAS, SEGÚN DEPARTAMENTO, 2013 (TONELADAS MÉTRICAS)

Departamento	Lúcuma
Total	14415
Tumbes	-
Piura	253
Lambayeque	23
La Libertad	1201
Cajamarca	-
Amazonas	-
Áncash	168
Lima	9362
Ica	1670
Huánuco	63
Pasco	165
Junín	98
Huancavelica	48
Arequipa	624
Moquegua	105
Tacna	-
Ayacucho	453
Apurímac	85
Cusco	-
Puno	-
San Martín	-
Loreto	97
Ucayalí	-
Madre de Dios	-
Promedio	600.6
Prom. valores representativos	961

Fuente: Minagri, 2013

**GRÁFICO PRODUCCIÓN DE LÚCUMA POR DEPARTAMENTO, 2013
(TONELADAS MÉTRICAS)**



Fuente: Minagri, 2013

ANEXO 3
PRODUCCIÓN MENSUAL DE LÚCUMA POR REGIÓN

Región/subregión	Total	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Nacional	14,415	1,070	3,127	4,135	3,403	1,105	657	346	166	56	49	106	196
Lima	7,188	784	1,917	2,385	1,528	307	79	60	--	--	--	42	86
Lima Metropolitana	2,174	11	642	1,084	407	20	10	--	--	--	--	--	--
Ica	1,670	--	200	221	891	90	126	77	67	--	--	--	--
La Libertad	1,201	124	169	185	255	229	153	87	--	--	--	--	--
Arequipa	624	13	48	65	95	256	137	6	--	--	--	--	5
Ayacucho	453	23	39	48	49	52	49	42	33	34	28	28	28
Piura	253	33	34	46	74	51	--	--	--	--	--	10	5
Ancash	168	34	37	42	25	7	--	--	--	--	--	1	22
Pasco	165	11	11	8	8	37	30	18	5	6	6	4	23
Moquegua	105	5	6	13	24	23	35	--	--	--	--	--	--
Junín	98	7	6	11	16	17	13	6.8	2	2	3	4	10
Loreto	97	18	13	20	17	5	2	1	2	3	1	7	8
Apurímac	85	8	6	4	3	--	0.3	--	40	3	8	9	5
Huánuco	63	--	--	--	--	3	14	18	15	8	3	1	--
Huancavelica	49	--	--	3	12	9	10	10	--	--	--	--	5
Lambayeque	23	--	--	--	--	--	--	20	3	--	--	--	--
Tumbes	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Cajamarca	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Amazonas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Callao	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Tacna	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Cusco	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Puno	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
San Martín	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ucayali	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Madre de Dios	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Minagri, 2013

ANEXO 4

PRODUCCIÓN Y DESTINO DE LA LÚCUMA EN CHILE

	Producción de fruta			Destino de la producción informada (%)		
Región	Superficie en producción (ha)	Producción (tn)	tn/ha	Exportación	Mercado Interno	Agroindustria
Valparaíso 2014	242	555.8	4.1	0	8.2	91.8
Coquimbo 2011	0.5	0.1	-	0	100.000	0
Metropolitana 2013	0.15	-	-	-	-	-
Total	242.65	555.9				

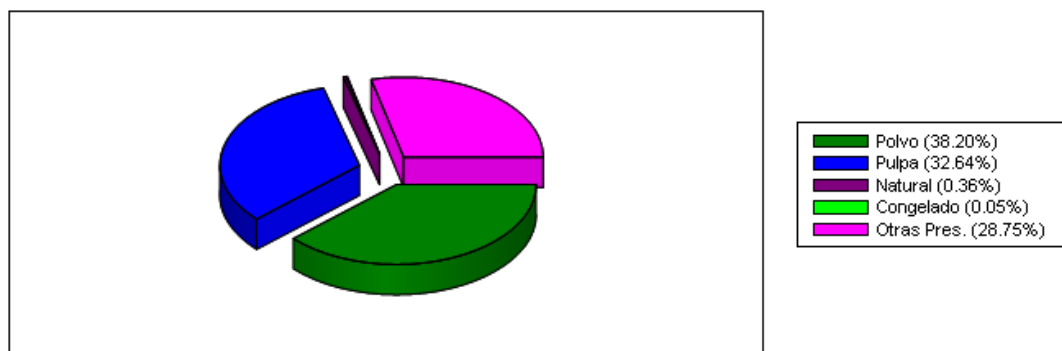
Fuente: ODEPA, 2015

ANEXO 5

EXPORTACIÓN DE LÚCUMA SEGÚN PRESENTACIÓN 2011-2015

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Polvo	170,442.90	425,692.86	720,765.71	930,300.78	1,245,717.55	783,360.72
Pulpa	498,511.65	791,426.88	1,737,852.17	652,860.95	1,064,569.81	833,290.60
Natural	3,560.65	11,726.12	9,582.96	2,337.55	11,806.32	6,346.61
Congelado	7,386.77	8.00	0.00	931.00	1,680.00	50.50
Bebidas	112.82	0.00	0.00	54.00	0.00	0.00
Golosinas	1,173.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mermelada	2,356.50	96.00	201.36	0.86	0.00	204.14
Jugo	80.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pasta	0.00	72.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otras Presentaciones	229,712.84	226,814.36	393,073.32	477,630.64	937,673.76	539,268.33
Total	913,337.76	1,455,836.22	2,861,475.52	2,064,115.78	3,261,447.44	2,162,520.90

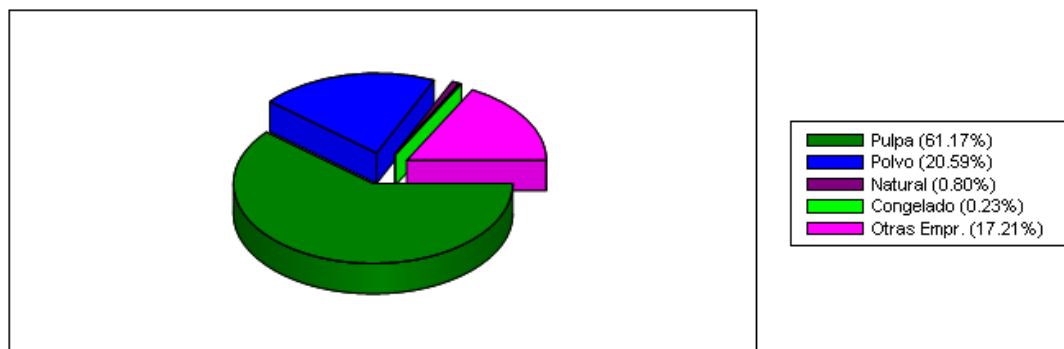
**Exportaciones del producto lúcuma según sus principales presentaciones en
US\$ 2015**



Fuente: Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior (SIICEX), 2016

ANEXO 6

EXPORTACIONES DEL PRODUCTO LÚCUMA SEGÚN SUS PRINCIPALES PRESENTACIONES EN KG 2015

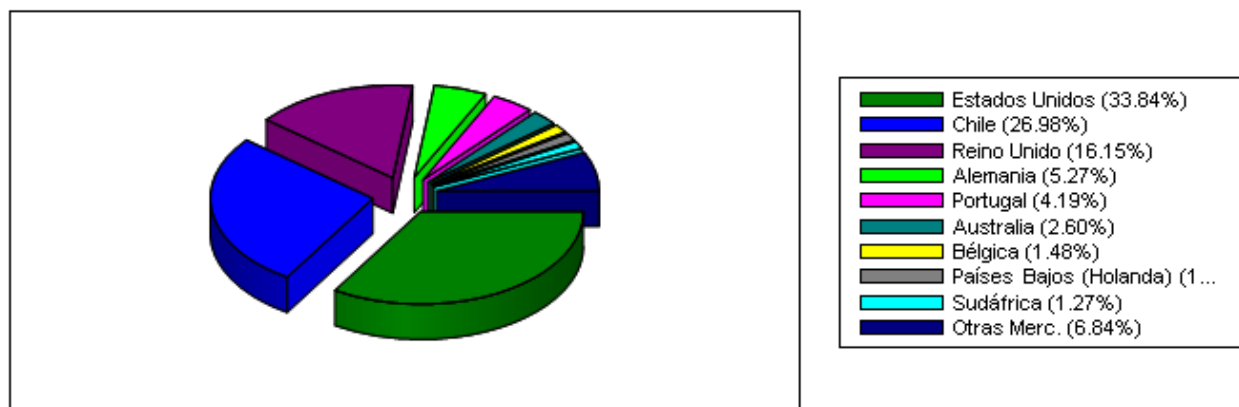


10ANEXO 7

Fuente: Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior (SIICEX), 2016

ANEXO 7

PAÍSES DE DESTINO DE LAS EXPORTACIONES DE LÚCUMA -2015



Fuente: Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior (SIICEX), 2016

ANEXO 8

PRINCIPALES IMPORTADORES DE PULPA DE FRUTA 2011-2015

#	Importadores	valor importada en 2011	valor importada en 2012	valor importada en 2013	valor importada en 2014	valor importada en 2015	Representación % 2015	var. % 2014- 2015
	Mundo	2,183,388.00	2,396,812.00	2,439,715.00	2,426,894.00	2,406,288.00		
1	Estados Unidos de América	315,777.00	398,427.00	399,860.00	437,587.00	567,473.00	23.6%	29.7%
2	Alemania	321,296.00	334,416.00	325,810.00	282,394.00	230,580.00	9.6%	-18.3%
3	Francia	145,151.00	160,378.00	185,866.00	176,540.00	160,073.00	6.7%	-9.3%
4	Japón	127,149.00	160,315.00	159,882.00	166,559.00	146,509.00	6.1%	-12.0%
5	Canadá	84,422.00	119,386.00	129,693.00	132,189.00	121,735.00	5.1%	-7.9%
6	Países Bajos	147,840.00	157,190.00	135,354.00	116,897.00	117,079.00	4.9%	0.2%
7	Bélgica	104,202.00	108,341.00	115,910.00	101,659.00	99,213.00	4.1%	-2.4%
8	Corea, República de	63,504.00	81,935.00	92,224.00	98,729.00	115,841.00	4.8%	17.3%
9	China	77,600.00	97,118.00	85,739.00	95,301.00	120,541.00	5.0%	26.5%
10	Australia	46,198.00	51,684.00	70,464.00	83,736.00	80,741.00	3.4%	-3.6%

12ANEXO 9

ANEXO 9

PRINCIPALES EXPORTADORES DE PULPA DE FRUTA 2011-2015

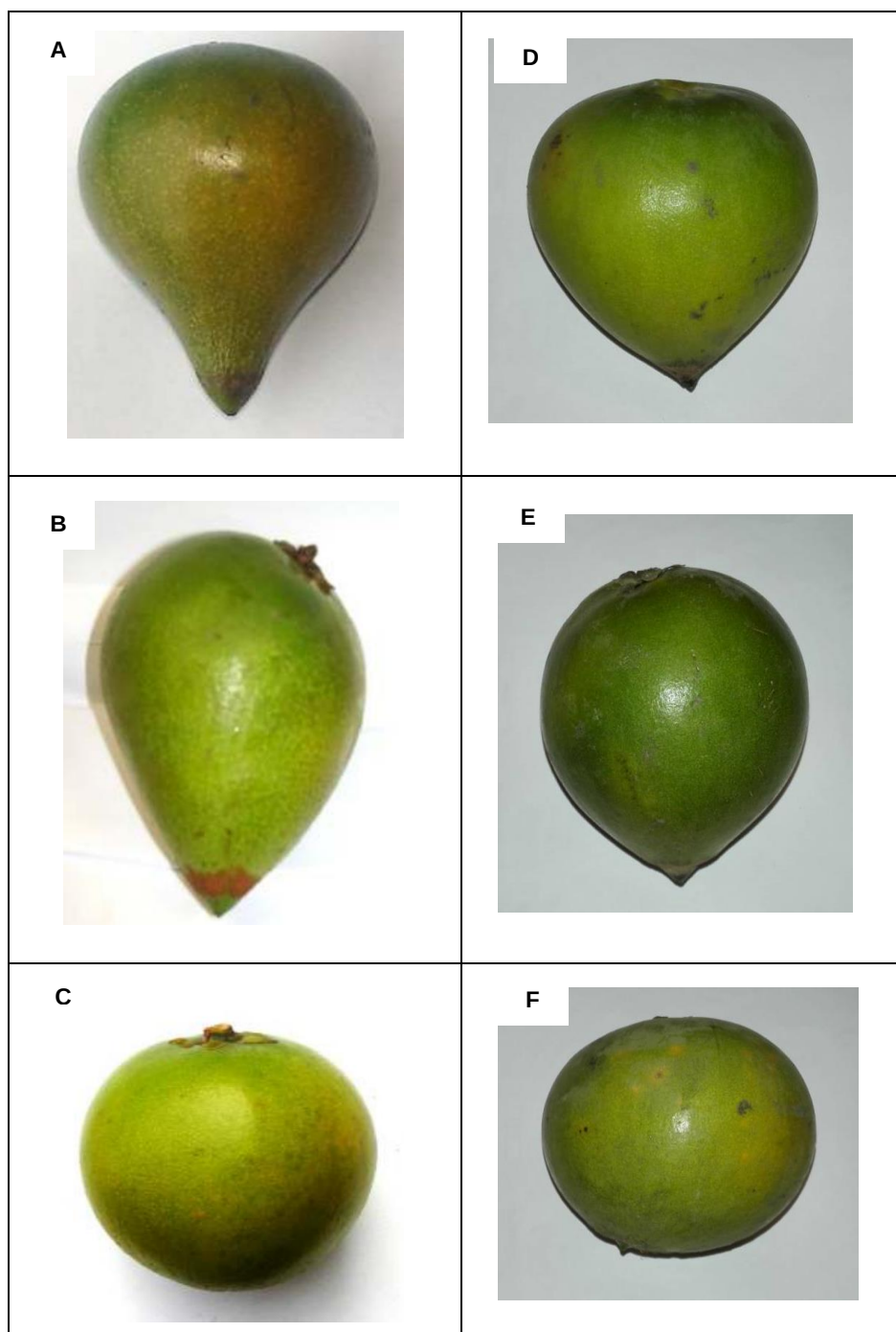
#	Exportadores	Valor exportada en 2014 (miles de USD)	Cantidad exportada en 2014	Unidad de cantidad	Valor unitario (USD/unidad)	Tasa de crecimiento anual en valor entre 2010-2014 (%)	Tasa de crecimiento anual en cantidad entre 2010-2014 (%)	Tasa de crecimiento anual en valor entre 2013-2014 (%)	Participación en las exportaciones mundiales (%)
	Mundo	2,276,264.00	1,078,240.00	Toneladas	2,111.00	9	5	3	100
1	Canadá	276,815.00	103,921.00		2,664.00	7	5	-2	12,2
2	Estados Unidos de América	191,179.00	84,880.00		2,252.00	13	10	9	8,4
3	Polonia	186,466.00	116,365.00		1,602.00	6	4	-8	8,2
4	Chile	148,441.00	50,266.00		2,953.00	32	22	11	6,5
5	Países Bajos	123,455.00	60,573.00		2,038.00	7	1	-8	5,4
6	China	109,181.00	66,221.00		1,649.00	4	0	-1	4,8
7	Bélgica	101,329.00	41,465.00		2,444.00	11	10	-9	4,5
8	Serbia	79,531.00	63,337.00		1,256.00	6	3	-5	3,5
9	Perú	74,463.00	37,534.00		1,984.00	28	22	28	3,3
10	Italia	65,155.00	26,028.00		2,503.00	10	2	24	2,9

Fuente: Trademap, 2015

ANEXO 10

COMPARACIÓN DE FORMAS DE FRUTOS DE LÚCUMA

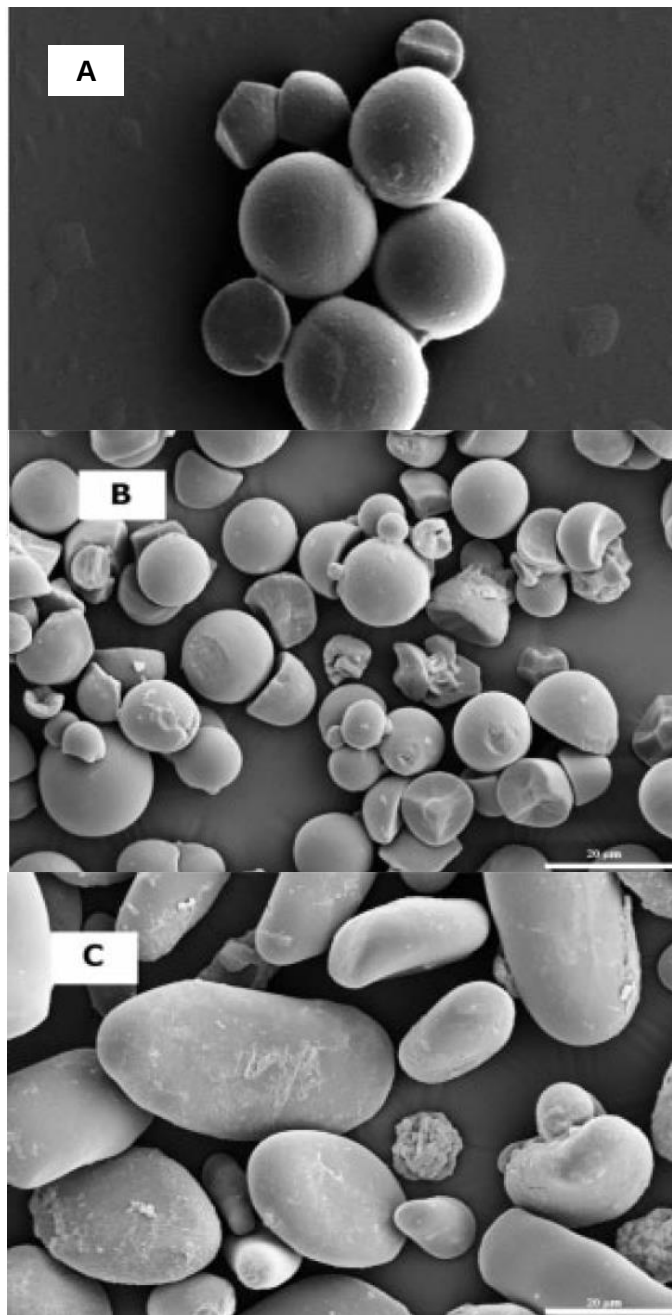
Formas: (A) Trompo, (B) Cónica y (C) Redonda. Biotipos: (D) Trompito, (E) Beltrán y (F) María Belén



Fuente: Diversidad de formas de frutos de Lúcura. En Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. Lúcura fresca: Requisitos. 1 ed. Lima: INDECOPI, 2007. (NTP 011.041:2007).

ANEXO 11

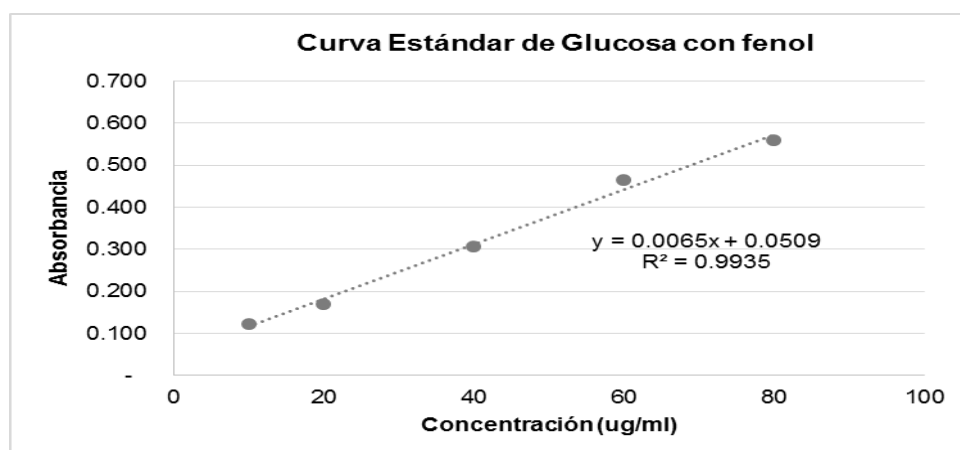
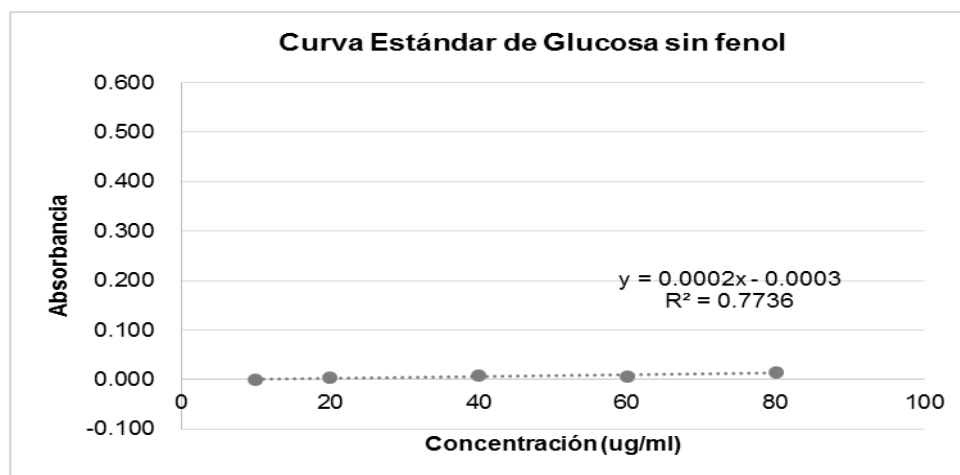
MICROGRAFÍAS DE GRÁNULOS DE ALMIDÓN DE MANGO, MANZANA Y BANANA

Mango (X2400), (B) Manzana y (C) Banana (X1500)

Fuente: (A) y (C) Espinosa-Solis et al. (2009), (B) Carrín et al. (2004)

ANEXO 12

CURVAS ESTÁNDAR Y VALORES DE ABSORBANCIA UTILIZADOS PARA EL CÁLCULO DEL CONTENIDO DE AZÚCARES TOTALES



$$\text{Concentración de azúcar} = \frac{A - A'}{as - a's}$$

A: Absorbancia medida con fenol

as: Coeficiente de absorción del estándar con fenol

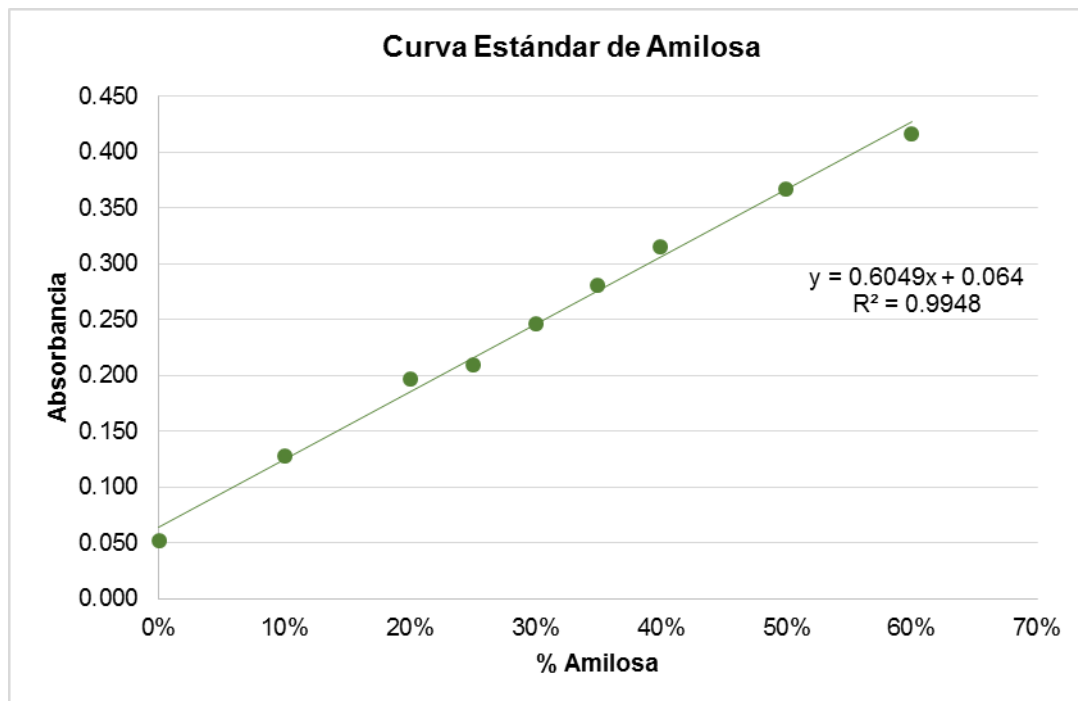
A': Absorbancia medida sin fenol

a's: Coeficiente de absorción del estándar sin fenol

Biotipo	Muestra	ug/ml
Beltrán	1.1	53.65
	1.2	55.71
	2.1	46.83
	2.2	53.49
	3.1	53.65
	3.2	47.30
Trompito	1.1	42.38
	1.2	73.17
	2.1	70.32
	2.2	76.83
	3.1	66.83
	3.2	54.92
María Belén	1.1	81.43
	1.2	74.13
	2.1	61.43
	2.2	67.78
	3.1	80.79
	3.2	108.73

ANEXO 13

CURVA ESTÁNDAR Y VALORES DE ABSORBANCIA UTILIZADOS PARA EL CÁLCULO DEL CONTENIDO DE AMILOSA



Biotipo	Absorbancia
Trompito	0.1712
	0.1742
	0.1762
Beltrán	0.1832
	0.1872
	0.1862
María Belén	0.1662
	0.1662
	0.1622

ANEXO 14

RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO: ANOVA DE UN FACTOR Y PRUEBA DE TUKEY

ANOVA de un factor: Fibra Dietaria Insoluble**Descriptivos**

%						
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Beltrán	4	13,0225	,88703	,44352	11,6110	14,4340
Trompito	4	13,8050	1,26695	,63348	11,7890	15,8210
MaríaBelén	4	12,2550	1,21099	,60550	10,3280	14,1820
Total	12	13,0275	1,22031	,35227	12,2522	13,8028

Descriptivos

%		
	Mínimo	Máximo
Beltrán	11,98	13,90
Trompito	12,30	14,96
MaríaBelén	11,11	13,87
Total	11,11	14,96

ANOVA de un factor

%					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	4,805	2	2,403	1,868	,210
Intra-grupos	11,575	9	1,286		
Total	16,381	11			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: %

		(I) Biotipo	(J) Biotipo	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%
							Límite inferior
HSD de Tukey	Beltrán		Trompito	-,78250	,80192	,609	-3,0215
			MaríaBelén	,76750	,80192	,620	-1,4715
	Trompito		Beltrán	,78250	,80192	,609	-1,4565
			MaríaBelén	1,55000	,80192	,185	-,6890
	MaríaBelén		Beltrán	-,76750	,80192	,620	-3,0065
			Trompito	-1,55000	,80192	,185	-3,7890

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: %

		(I) Biotipo	(J) Biotipo	Intervalo de confianza al 95%
				Límite superior
HSD de Tukey	Beltrán		Trompito	1,4565
			MaríaBelén	3,0065
	Trompito		Beltrán	3,0215
			MaríaBelén	3,7890
	MaríaBelén		Beltrán	1,4715
			Trompito	,6890

Subconjuntos homogéneos

%			
	Biotipo	N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD de Tukey ^a	MaríaBelén	4	12,2550
	Beltrán	4	13,0225
	Trompito	4	13,8050
	Sig.		,185
Tukey B ^a	MaríaBelén	4	12,2550
	Beltrán	4	13,0225
	Trompito	4	13,8050

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

ANOVA de un factor: Fibra Dietaria Soluble

Descriptivos

%						
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Beltrán	4	1,9750	1,62046	,81023	-,6035	4,5535
Trompito	4	1,3700	,35935	,17968	,7982	1,9418
MaríaBelén	4	1,4900	,34679	,17340	,9382	2,0418
Total	12	1,6117	,92671	,26752	1,0229	2,2005

Descriptivos

%		
	Mínimo	Máximo
Beltrán	1,01	4,40
Trompito	1,00	1,86
MaríaBelén	1,15	1,97
Total	1,00	4,40

ANOVA de un factor

%					
	Suma de	gl	Media	F	Sig.
	cuadrados		cuadrática		
Inter-grupos	,821	2	,410	,428	,664
Intra-grupos	8,626	9	,958		
Total	9,447	11			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: %

	(I) Biotipo	(J) Biotipo	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%
						Límite inferior
HSD de Tukey	Beltrán	Trompito	,60500	,69225	,669	-1,3278
		MaríaBelén	,48500	,69225	,769	-1,4478
	Trompito	Beltrán	-,60500	,69225	,669	-2,5378
		MaríaBelén	-,12000	,69225	,984	-2,0528
	MaríaBelén	Beltrán	-,48500	,69225	,769	-2,4178
		Trompito	,12000	,69225	,984	-1,8128

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: %

	(I) Biotipo	(J) Biotipo	Intervalo de confianza al 95%
			Límite superior
HSD de Tukey	Beltrán	Trompito	2,5378
		MaríaBelén	2,4178
	Trompito	Beltrán	1,3278
		MaríaBelén	1,8128
	MaríaBelén	Beltrán	1,4478
		Trompito	2,0528

Subconjuntos homogéneos

%			
	Biotipo	N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD de Tukey ^a	Trompito	4	1,3700
	MaríaBelén	4	1,4900
	Beltrán	4	1,9750
	Sig.		,669
Tukey B ^a	Trompito	4	1,3700
	MaríaBelén	4	1,4900
	Beltrán	4	1,9750

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

ANOVA de un factor: Fibra Dietaria Total

Descriptivos

%						
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Beltrán	4	14,9975	1,13297	,56649	13,1947	16,8003
Trompito	4	15,1750	1,41035	,70518	12,9308	17,4192
MaríaBelén	4	13,7450	1,50132	,75066	11,3561	16,1339
Total	12	14,6392	1,39611	,40302	13,7521	15,5262

Descriptivos

%		
	Mínimo	Máximo
Beltrán	13,62	16,38
Trompito	13,57	16,82
MaríaBelén	12,58	15,84
Total	12,58	16,82

ANOVA de un factor

%					
	Suma de	gl	Media	F	Sig.
	cuadrados		cuadrática		
Inter-grupos	4,860	2	2,430	1,319	,314
Intra-grupos	16,580	9	1,842		
Total	21,440	11			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: %

	(I) Biotipo	(J) Biotipo	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%
						Límite inferior
HSD de Tukey	Beltrán	Trompito	-,17750	,95975	,981	-2,8571
		MaríaBelén	1,25250	,95975	,427	-1,4271
	Trompito	Beltrán	,17750	,95975	,981	-2,5021
		MaríaBelén	1,43000	,95975	,340	-1,2496
	MaríaBelén	Beltrán	-1,25250	,95975	,427	-3,9321
		Trompito	-1,43000	,95975	,340	-4,1096

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: %

	(I) Biotipo	(J) Biotipo	Intervalo de confianza al 95%
			Límite superior
HSD de Tukey	Beltrán	Trompito	2,5021
		MaríaBelén	3,9321
	Trompito	Beltrán	2,8571
		MaríaBelén	4,1096
	MaríaBelén	Beltrán	1,4271
		Trompito	1,2496

Subconjuntos homogéneos

%			
	Biotipo	N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD de Tukey ^a	MaríaBelén	4	13,7450
	Beltrán	4	14,9975
	Trompito	4	15,1750
	Sig.		,340
Tukey B ^a	MaríaBelén	4	13,7450
	Beltrán	4	14,9975
	Trompito	4	15,1750

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

ANOVA de un factor: Hemicelulosa

Descriptivos

%						
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Beltrán	2	9,4500	1,13137	,80000	-,7150	19,6150
Trompito	2	10,8450	2,14253	1,51500	-8,4049	30,0949
MaríaBelén	2	,3100	,25456	,18000	-1,9771	2,5971
Total	6	6,8683	5,23291	2,13632	1,3767	12,3599

Descriptivos

%		
	Mínimo	Máximo
Beltrán	8,65	10,25
Trompito	9,33	12,36
MaríaBelén	,13	,49
Total	,13	12,36

ANOVA de un factor

%					
	Suma de	gl	Media	F	Sig.
	cuadrados		cuadrática		
Inter-grupos	130,981	2	65,491	33,103	,009
Intra-grupos	5,935	3	1,978		
Total	136,916	5			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: %

	(I) Biotipo	(J) Biotipo	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%
						Límite inferior
HSD de Tukey	Beltrán	Trompito	-1,39500	1,40656	,630	-7,2726
		MaríaBelén	9,14000*	1,40656	,015	3,2624
	Trompito	Beltrán	1,39500	1,40656	,630	-4,4826
		MaríaBelén	10,53500*	1,40656	,010	4,6574
	MaríaBelén	Beltrán	-9,14000*	1,40656	,015	-15,0176
		Trompito	-10,53500*	1,40656	,010	-16,4126

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: %

	(I) Biotipo	(J) Biotipo	Intervalo de confianza al 95%
			Límite superior
HSD de Tukey	Beltrán	Trompito	4,4826
		MaríaBelén	15,0176*
	Trompito	Beltrán	7,2726
		MaríaBelén	16,4126*
	MaríaBelén	Beltrán	-3,2624*
		Trompito	-4,6574*

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

		%	
	Biotipo	N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1 2
HSD de Tukey ^a	MaríaBelén	2	,3100
	Beltrán	2	9,4500
	Trompito	2	10,8450
	Sig.		1,000 ,630
Tukey B ^a	MaríaBelén	2	,3100
	Beltrán	2	9,4500
	Trompito	2	10,8450

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2,000.

ANOVA de un factor: Celulosa

Descriptivos

%						
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Beltrán	2	3,0050	,27577	,19500	,5273	5,4827
Trompito	2	3,5900	,00000	,00000	3,5900	3,5900
MaríaBelén	2	5,3350	,04950	,03500	4,8903	5,7797
Total	6	3,9767	1,09141	,44557	2,8313	5,1220

Descriptivos

%		
	Mínimo	Máximo
Beltrán	2,81	3,20
Trompito	3,59	3,59
MaríaBelén	5,30	5,37
Total	2,81	5,37

ANOVA de un factor

%					
	Suma de	gl	Media	F	Sig.
	cuadrados		cuadrática		
Inter-grupos	5,877	2	2,939	112,308	,002
Intra-grupos	,079	3	,026		
Total	5,956	5			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: %

	(I) Biotipo	(J) Biotipo	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%
						Límite inferior
HSD de Tukey	Beltrán	Trompito	-,58500	,16176	,072	-1,2610
		MaríaBelén	-2,33000*	,16176	,001	-3,0060
	Trompito	Beltrán	,58500	,16176	,072	-,0910
		MaríaBelén	-1,74500*	,16176	,003	-2,4210
	MaríaBelén	Beltrán	2,33000*	,16176	,001	1,6540
		Trompito	1,74500*	,16176	,003	1,0690

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: %

	(I) Biotipo	(J) Biotipo	Intervalo de confianza al 95%
			Límite superior
HSD de Tukey	Beltrán	Trompito	,0910
		MaríaBelén	-1,6540*
	Trompito	Beltrán	1,2610
		MaríaBelén	-1,0690*
	MaríaBelén	Beltrán	3,0060*
		Trompito	2,4210*

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

		%	
	Biotipo	N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1 2
HSD de Tukey ^a	Beltrán	2	3,0050
	Trompito	2	3,5900
	MaríaBelén	2	5,3350
	Sig.		,072 1,000
Tukey B ^a	Beltrán	2	3,0050
	Trompito	2	3,5900
	MaríaBelén	2	5,3350

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2,000.

ANOVA de un factor: Lignina

Descriptivos

%						
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Beltrán	2	,486600	,1511794	,1069000	-,871693	1,844893
Trompito	2	,503950	,0917117	,0648500	-,320047	1,327947
MaríaBelén	2	3,421500	,4727716	,3343000	-,826184	7,669184
Total	6	1,470683	1,5278833	,6237558	-,132732	3,074099

Descriptivos

%		
	Mínimo	Máximo
Beltrán	,3797	,5935
Trompito	,4391	,5688
MaríaBelén	3,0872	3,7558
Total	,3797	3,7558

Va

va

Va

*

Subconjuntos homogéneos

		%	
	Biotipo	N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1 2
HSD de Tukey ^a	Beltrán	2	,486600
	Trompito	2	,503950
	MaríaBelén	2	3,421500
	Sig.		,998 1,000
Tukey B ^a	Beltrán	2	,486600
	Trompito	2	,503950
	MaríaBelén	2	3,421500

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2,000.

ANOVA de un factor: Azúcares totales

Descriptivos

mg azúcar/gr m.s

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Beltrán	6	473,1932	29,45947	12,02678	442,2774	504,1090
Trompito	6	586,1639	121,48462	49,59589	458,6736	713,6541
MaríaBelén	6	719,5316	150,46933	61,42885	561,6237	877,4394
Total	18	592,9629	148,28445	34,95098	519,2228	666,7030

Descriptivos

mg azúcar/gr m.s

	Mínimo	Máximo
Beltrán	436,37	498,50
Trompito	395,74	707,50
MaríaBelén	574,74	1001,32
Total	395,74	1001,32

ANOVA de un factor

mg azúcar/gr m.s

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	182463,764	2	91231,882	7,152	,007
Intra-grupos	191336,963	15	12755,798		
Total	373800,727	17			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: mg azúcar/gr m.s

	(I) Biotipo	(J) Biotipo	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite inferior
HSD de Tukey	Beltrán	Trompito	-112,97063	65,20684	,226	-282,3435
		MaríaBelén	-246,33833*	65,20684	,005	-415,7112
	Trompito	Beltrán	112,97063	65,20684	,226	-56,4022
		MaríaBelén	-133,36770	65,20684	,136	-302,7405
	MaríaBelén	Beltrán	246,33833*	65,20684	,005	76,9655
		Trompito	133,36770	65,20684	,136	-36,0051

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: mg azúcar/gr m.s

	(I) Biotipo	(J) Biotipo	Intervalo de confianza al 95% Límite superior
HSD de Tukey	Beltrán	Trompito	56,4022
		MaríaBelén	-76,9655*
	Trompito	Beltrán	282,3435
		MaríaBelén	36,0051
	MaríaBelén	Beltrán	415,7112*
		Trompito	302,7405

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

mg azúcar/gr m.s				
	Biotipo	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
HSD de Tukey ^a	Beltrán	6	473,1932	
	Trompito	6	586,1639	586,1639
	MaríaBelén	6		719,5316
	Sig.		,226	,136
Tukey B ^a	Beltrán	6	473,1932	
	Trompito	6	586,1639	586,1639
	MaríaBelén	6		719,5316

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000.

ANOVA de un factor: Largo del gránulo

Descriptivos

Largo gránulo

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Beltrán	30	8,3083	2,08099	,37994	7,5313	9,0854
Trompito	30	7,7350	1,76782	,32276	7,0749	8,3951
MaríaBelén	30	8,5333	1,73891	,31748	7,8840	9,1827
Total	90	8,1922	1,87854	,19802	7,7988	8,5857

Descriptivos

Largo gránulo

	Mínimo	Máximo
Beltrán	5,00	12,50
Trompito	5,00	12,50
MaríaBelén	5,50	13,00
Total	5,00	13,00

ANOVA de un factor

Largo gránulo

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	10,167	2	5,083	1,455	,239
Intra-grupos	303,907	87	3,493		
Total	314,073	89			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Largo gránulo

	(I) Biotipo	(J) Biotipo	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite inferior
HSD de Tukey	Beltrán	Trompito	,57333	,48257	,463	-,5774
		MaríaBelén	-,22500	,48257	,887	-1,3757
	Trompito	Beltrán	-,57333	,48257	,463	-1,7240
		MaríaBelén	-,79833	,48257	,229	-1,9490
	MaríaBelén	Beltrán	,22500	,48257	,887	-,9257
		Trompito	,79833	,48257	,229	-,3524

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Largo gránulo

	(I) Biotipo	(J) Biotipo	Intervalo de confianza al 95% Límite superior
HSD de Tukey	Beltrán	Trompito	1,7240
		MaríaBelén	,9257
	Trompito	Beltrán	-,5774
		MaríaBelén	-,3524
	MaríaBelén	Beltrán	1,3757
		Trompito	1,9490

Subconjuntos homogéneos

Largo gránulo			
	Biotipo	N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD de Tukey ^a	Trompito	30	7,7350
	Beltrán	30	8,3083
	MaríaBelén	30	8,5333
	Sig.		,229
Tukey B ^a	Trompito	30	7,7350
	Beltrán	30	8,3083
	MaríaBelén	30	8,5333
Duncan ^a	Trompito	30	7,7350

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 30,000.

ANOVA de un factor: % de Amilosa

Descriptivos

%Amilosa

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Beltrán	3	20,1000	,36056	,20817	19,2043	20,9957
Trompito	3	18,1333	,40415	,23333	17,1294	19,1373
MaríaBelén	3	16,6667	,40415	,23333	15,6627	17,6706
Total	9	18,3000	1,52971	,50990	17,1242	19,4758

Descriptivos

%Amilosa

	Mínimo	Máximo
Beltrán	19,70	20,40
Trompito	17,70	18,50
MaríaBelén	16,20	16,90
Total	16,20	20,40

ANOVA de un factor

%Amilosa

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	17,807	2	8,903	58,489	,000
Intra-grupos	,913	6	,152		
Total	18,720	8			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: %Amilosa

	(I) Biotipo	(J) Biotipo	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%
						Límite inferior
	Beltrán	Trompito	1,96667*	,31856	,002	,9892
		MaríaBelén	3,43333*	,31856	,000	2,4559
HSD de Tukey	Trompito	Beltrán	-1,96667*	,31856	,002	-2,9441
		MaríaBelén	1,46667*	,31856	,009	,4892
	MaríaBelén	Beltrán	-3,43333*	,31856	,000	-4,4108
		Trompito	-1,46667*	,31856	,009	-2,4441

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: %Amilosa

	(I) Biotipo	(J) Biotipo	Intervalo de confianza al 95%
			Límite superior
	Beltrán	Trompito	2,9441*
		MaríaBelén	4,4108*
HSD de Tukey	Trompito	Beltrán	-,9892*
		MaríaBelén	2,4441*
	MaríaBelén	Beltrán	-2,4559*
		Trompito	-,4892*

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

%Amilosa					
	Biotipo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD de Tukey ^a	MaríaBelén	3	16,6667		
	Trompito	3		18,1333	
	Beltrán	3			20,1000
	Sig.		1,000	1,000	1,000
Tukey B ^a	MaríaBelén	3	16,6667		
	Trompito	3		18,1333	
	Beltrán	3			20,1000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.