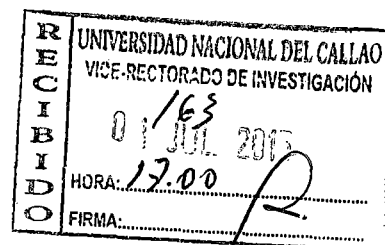
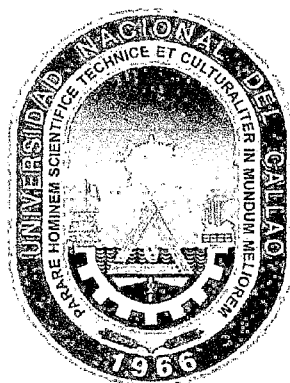


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE
ALIMENTOS
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS



INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
“OBTENCIÓN DE JARABE A PARTIR DEL
ALMIDÓN DEL MAÍZ MORADO *Zea mays*
L.”

AUTOR: Ing. ANA CELINA LANCHO RUIZ

(PERIODO DE EJECUCIÓN: Del 01 de Julio del 2013 al 30 de Junio del
2015)

(Resolución de aprobación N° 706 -2013- R)

Callao, 2015

a) ÍNDICE

a)	ÍNDICE	1
	a.1) Índice de Tablas	3
	a.2) Índice de Graficas	4
	a.3) Índice de Figuras	5
b)	RESUMEN y ABSTRACT	6
c)	INTRODUCCIÓN	8
	c.1) Problema de la investigación, incluye el objetivo	8
	c.2) Importancia y justificación de la investigación	9
d)	MARCO TEÓRICO	10
	d.1) Los carbohidratos: Monosacáridos, disacáridos, polisacáridos su estructura y nomenclatura. Propiedades físicas y químicas.	10
	d.2) El almidón; Distribución, su importancia como glúcido. Estructura y propiedades de los gránulos del almidón. Composición del almidón Estructura y propiedades de la amilosa. Estructura y propiedades de la amilopectina. Usos.	13
	d.3) Tipos de Almidones: Almidón resistente. Almidones modificados. Almidones extrusionados.	17
	d.4) La gelatinización y retrogradación del almidón	19

d.5)	Proceso de degradación del almidón.	
	Hidrolisis química del almidón.	
	Hidrolisis enzimática del almidón.	21
d.6)	Amilasas. α -amilasas. β -amilasas. Glucoamilasa	25
d.7)	Maíces amiláceos. Maíz morado <i>Zea mays</i> L.	
	Principales características.	26
d.8)	Jarabe de maíz. Aplicaciones en la Industria Alimentaria.	30
d.9)	Elaboración de Jarabe de Maíz.	37
d.10)	Caracterización fisicoquímica de jarabes obtenidos a partir del almidón.	38
e)	MATERIALES Y MÉTODOS	40
e.1)	Materiales utilizados en la investigación	40
e.2)	Población de la investigación y la muestra	43
e.3)	Técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos	44
e.4)	Técnicas de análisis o los métodos estadísticos	44
e.5)	Metodología	44
f)	RESULTADOS	46
g)	DISCUSIÓN	55
h)	REFERENCIALES	56
i)	APÉNDICES	62
j)	ANEXOS.	68

a.1) Índice de Tablas

TABLA N° e.1.1 REACTIVOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN	40
TABLA N° e.1.2 EQUIPOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN	40
TABLA N° e.1.3: MATERIAL DE VIDRIO A EMPLEAR EN LA INVESTIGACIÓN	41
TABLA N° e.1.4: OTROS MATERIALES A EMPLEARSE EN LA INVESTIGACIÓN	42
TABLA N° f.1: % DE GLUCOSA HIDROLISIS A 65 °C y 30 % DE ALMIDÓN MAÍZ MORADO	46
TABLA N° f.2: % DE AZUCARES SOLUBLES EN HIDROLISIS A 65 °C y 30 % DE ALMIDÓN MAÍZ MORADO	48
TABLA N° f.3: % DE GLUCOSA HIDROLISIS A 90 °C y 30 % DE ALMIDÓN MAÍZ MORADO	49
TABLA N° f.4: % DE AZUCARES SOLUBLES EN HIDROLISIS A 90 °C y 30 % DE ALMIDÓN MAÍZ MORADO	50
TABLA N° f.5: % DE AZUCARES SOLUBLES EN HIDROLISIS A 60 °C y 15 % DE ALMIDÓN MAÍZ MORADO Y MAICENA CON 3% DE ALFA AMILASA	52
TABLA N° f.6: % DE AZUCARES SOLUBLES EN HIDROLISIS A 38 °C y 15 % DE ALMIDÓN MAÍZ MORADO Y ALMIDÓN REACTIVO CON 4% DE ALFA AMILASA POR 48 HORAS	53



a.2 Índice de Graficas

Grafica f.1	Glucosa en Hidrolisis de almidón maíz morado con alfa amilasa al 1% a 65° C	47
Grafica f.2	%Glucosa en Hidrolisis de almidón maíz morado con HCl al 1% a 65° C	47
Grafica f.3	Grafica de dispersión de %Azucres sol. (1% AA) vs. Minutos	48
Grafica f.4	%Glucosa en hidrolisis de almidón de maíz morado al 1% de alfa amilasa (AA) a 90° C	49
Grafica f.5	% de Glucosa en Hidrolisis de almidón (30%) de maíz morado al 1% de HCl a 90° C	50
Grafica f.6	%Azucres en Hidrolisis de almidón de maíz morado(30%) con alfa amilasa (AA) al 1% a 90°C	51
Grafica f.7	%Azucres en Hidrolisis de almidón de maíz morado con HCl al 1% a 90°C	51
Grafica f.8	%Azucres de almidón de maíz morado al 15% (AMM) con 3% de alfa amilasa a 60°C	52
Grafica f.9	%Azucres de Maicena al 15% con 3% de amilasa a 60°C	53
Grafica f.10	% de Azucres solubles en Hidrolisis a 38° C y 15% de Almidón maíz morado y almidón reactivo con 4% de alfa amilasa por 48 horas	54
Grafica i.1	Hidrolisis de almidón de maíz, papa y reactivo	64



a.3 Índice de Figuras

FIGURA N° i.1	almidón de maíz morado para la hidrolisis con HCl y alfa amilasa	62
FIGURA N° i.2	Jarabe de almidón	63
FIGURA N° i.3	% de Obtención de Glucosa	65
FIGURA N° i.4	Enzima proporcionada por GRANOTEC Alfa amilasa	66
FIGURA N° i.5	Muestras de jarabe de almidón de maíz morado Para determinar % Azucares y pH	66
FIGURA N° i.6	Muestras de Jarabe de almidón de maíz morado	67



ABSTRACT

The purple corn called "*Zea mays L.*" is a native cereal from Peru, this cereal is appreciated by their anthocyanin content of the coronta. Nevertheless, the corn kernels of this cereal have a starch content of 16,09% (Lancho,2009).

In the laboratories of the Faculty of Fisheries and Food Engineering of the National University of Callao, and the School of Biological Sciences, National University of San Marcos, starch was extracted from the corn kernels, and the chemical hydrolysis was evaluated. Also, enzymatic hydrolysis was evaluated too, with hydrochloric acid to the 1%, alpha amylase to the 1% and with a temperature of 65°C and 90°C, in the suspensions starch purple corn *Zea mays L* to the 30%. A better result was achieved in the enzymatic hydrolysis, when pre starch gelation was incorporated, before the alpha amylase enzyme was incorporated, It generated a native starch hydrolysis up 24,0% of soluble sugar to construct a superior quality syrup from the starch of the purple corn *Zea mays L*.

Key words: starch, hydrolysis, amylases, sugar



b) RESUMEN

El maíz morado *Zea mays L.*, es un cereal nativo del Perú, que es apreciado por su contenido de antocianinas en la coronta. Sin embargo los granos tienen un contenido de almidón del 16.09% (Lancho, 2009).

En los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos de la Universidad Nacional del Callao, y en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, se extrajo el almidón y evaluó la hidrólisis química, también la hidrólisis enzimática; con ácido clorhídrico al 1% y alfa amilasa al 1%, y a 65 °C y 90 °C; en suspensiones de almidón de maíz morado *Zea mays L.* al 30%. Se logró un mejor resultado, en la hidrólisis enzimática incorporando una pre gelificación del almidón antes de incorporar la enzima alfa amilasa, obteniendo una hidrólisis del almidón nativo hasta en 24.0% de azúcares solubles para constituir un jarabe a partir del almidón del maíz morado *Zea mays L.* de superior calidad.

Palabras clave: Almidón, hidrólisis, amilasas, azúcares



c) INTRODUCCIÓN

c.1) Problema de la investigación y objetivo

El maíz es un cereal que pertenece a la familia *Graminaeae* Tribu *maydeae*, genero *Zea* y especie *mays*. Nomenclatura dada por Linneo en 1737, mencionado por (Manrique, 1997). El maíz morado *Zea mays L.*; es una variedad genética del maíz peruano, que tiene el epispermo de las semillas (granos) y la tusa o coronta un color morado, que se destina a nivel nacional para producir la bebida refrescante denominada "Chicha morada", y también se aprovechan sus "antocianinas", pigmentos pertenecientes al grupo de flavonoides, de propiedades antioxidantes y anticancerígenas que se encuentran principalmente en las corontas (Carhuapoma, M. y López, S., 2008).

El contenido de almidón que tienen los granos de este cereal, es de 16.09 %, (Lancho, 2009). Sin embargo, este carbohidrato obtenido de esta fuente natural, no es aprovechado industrialmente; y si consideramos que, la demanda de glucosa es creciente para emplearse como insumo, en la industria. Se efectuó la hidrólisis química y enzimática del polímero, para conseguir el jarabe de esta variedad de maíz, para darle un valor agregado. Se planteó encontrar el tiempo, la temperatura de cocción del almidón, la concentración de ácido clorhídrico y el porcentaje de amilasa para una hidrólisis adecuada. La finalidad principal de estudiar la temperatura, el tiempo de cocción, la concentración de ácido clorhídrico y de alfa amilasa para la hidrólisis del almidón de maíz morado *Zea mays L* fue determinar la calidad del jarabe mediante la cantidad de glucosa y azúcares solubles.



c.2) Importancia y justificación de la investigación

La exportación de maíz peruano en sus diversas variedades y derivados registró un crecimiento de 30 por ciento en enero de este año solo el “Almidón de maíz” generó un ingreso de 267,443 dólares indica la Asociación de Exportadores, mencionado en (ADEX, 2015).

En la actualidad, la industria nacional proyecta un incremento en la exportación de alimentos funcionales. Entre ellos está la esencia de maíz morado obtenida de las corontas, pero el grano del maíz, no es aprovechado a cabalidad. Por lo que hidrolizo enzimáticamente el almidón del maíz morado *Zea mays* L para obtener un jarabe rico en glucosa, y se analizó su calidad de acuerdo a los azúcares solubles contenidos.

Esta investigación es un pequeño aporte de estudio y referencia de profesores, profesionales, alumnos e interesados al quehacer alimentario, de la institución.



d) MARCO TEÓRICO

d.1) Los carbohidratos: Monosacáridos, disacáridos y polisacáridos su estructura y nomenclatura. Propiedades físicas y químicas.

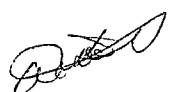
Los polímeros incluyen una extensa variedad de materiales naturales y sintéticos. Entre los primeros están el almidón, celulosa, proteínas y otros. (Areizaga, J.; Cortázar, M.M.; Elorza, J.M. y Iruin, J.J., 2002)

Los monosacáridos o azúcares simples son los glúcidos más sencillos, no se hidrolizan, es decir, no se descomponen en otros compuestos más simples. Poseen de tres a siete átomos de carbono y su fórmula empírica es $(CH_2O)_n$, donde $n \geq 3$. Se nombran haciendo referencia al número de carbonos (3-7), y terminan con el sufijo -osa. El principal monosacárido es la glucosa, la principal fuente de energía de las células. Todos los monosacáridos son azúcares reductores, ya que al menos tienen un -OH hemiacetalico libre, por lo que dan positivo a la reacción con reactivo de Fehling, a la reacción con reactivo de Tollens, a la Reacción de Maillard y la Reacción de Benedict.. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Monosac%C3%A1rido>)

Los monosacáridos son sustancias blancas, con sabor dulce, cristalizables y solubles en agua. Se oxidan fácilmente, transformándose en ácidos, por lo que se dice que poseen poder reductor (cuando ellos se oxidan, reducen a otra molécula). Químicamente son polialcoholes, es decir, cadenas de carbono con un grupo -OH cada carbono, en los que un carbono forma un grupo aldehído o un grupo cetona. Se clasifican atendiendo al grupo funcional (aldehído o cetona) en aldosas, con grupo aldehído, y cetosas, con grupo cetónico. Cuando aparecen carbonos asimétricos, presentan distintos tipos de isomería.

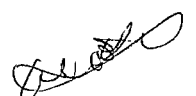
Algunos de ellos pueden presentar su estructura ciclada. (<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2bachillerato/biomol/contenidos6.htm>)

Los disacáridos están formados por la unión de dos monosacáridos, generalmente hexosas y son los oligosacáridos de mayor importancia biológica y están formados por la unión de dos hexosas. Su fórmula general es $C_{12}H_{22}O_{12}$. El enlace que se establece entre las dos unidades de monosacáridos recibe el nombre de enlace glucosídico (más correctamente O-glucosídico), y consiste en la unión de dos grupos $-OH$ (hidroxilo) con pérdida de una molécula de agua. Este enlace se forma entre un carbono (llamado anomérico) del primer monosacárido y cualquier otro del segundo. Esta, como todas las reacciones que se dan en las células no es espontánea sino está catalizada por enzimas. La reacción es reversible, pero en la naturaleza requiere también la presencia de enzimas hidrolíticas específicas para cada disacárido (maltasa, sacarasa, etc.). Las propiedades de los disacáridos son semejantes a las de los monosacáridos: son sólidos cristalinos de color blanco, sabor dulce y solubles en agua. Unos pierden el poder reductor de los monosacáridos y otros lo conservan. Si en el enlace O-glucosídico intervienen los $-OH$ de los dos carbonos anoméricos (responsables del poder reductor) de ambos monosacáridos, el disacárido obtenido no tendrá poder reductor. Según el tipo de enlace y los monosacáridos implicados en él, hay distintos disacáridos. Los principales disacáridos de interés biológico son los siguientes: La maltosa o azúcar de malta. Está formada por dos unidades de alfa glucosa, con enlace glucosídico de tipo alfa 1-4. La molécula tiene características reductoras. Se encuentra libre de forma natural en la malta, de donde

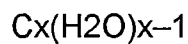


recibe el nombre y forma parte de varios polisacáridos de reserva (almidón y glu-cógeno), de los que se obtiene por hidrólisis. La malta se extrae de los granos de cereal, ricos en almidón, germinados. Se usa para fabricar cerveza, whisky y otras bebidas. La lactosa o azúcar de la leche. Está formada por galactosa y glucosa, unidas con enlace glucosídico beta 1-4. También tiene carácter reductor. Se encuentra libre en la leche de los mamíferos. Gran parte de la población mundial presenta la llamada "intolerancia a la lactosa", que es una enfermedad caracterizada por la afectación más o menos grave de la mucosa intestinal que es incapaz de digerir la lactosa. Cursa con dolor abdominal y diarrea como principal síntoma. Es más frecuente en adultos y orientales. La sacarosa o azúcar de caña y remolacha. Está formada por alfa-glucosa y beta-fructosa, con enlace 1-2- No posee carácter reductor. La celobiosa. Está formada por dos unidades de beta-glucosa, con enlace 1-4. Está presente en la molécula de celulosa y no se encuentra libre. La isomaltosa. Consta de dos unidades de alfa-glucosa con enlace 1-6. Está presente en los polisacáridos "almidón" y "glucógeno" y no se halla libre. (<http://biologia.laguia2000.com/bioquimica/disacridos>)

Los polisacáridos son biomoléculas formadas por la unión de una gran cantidad de monosacáridos. Se encuentran entre los glúcidos, y cumplen funciones diversas, sobre todo de reservas energéticas y estructurales. Los polisacáridos son polímeros cuyos constituyentes (sus monómeros) son monosacáridos, los cuales se unen repetitivamente mediante enlaces glucosídicos. Estos compuestos llegan a tener un peso molecular muy elevado, que depende del número de residuos o unidades de monosacáridos que participen en su estructura. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Polisac%C3%A1rido>)



En la formación de cada enlace glucosídico «sobra» una molécula de agua, ya que estos se forman por reacciones de condensación a partir de la unión de monosacáridos por enlaces del tipo covalente. Asimismo, en su ruptura por hidrólisis se agrega una molécula de agua para dividirlo en múltiples monosacáridos, por lo que en una cadena hecha de n monosacáridos, habrá n-1 enlaces glucosídicos. Partiendo de que la fórmula general, no sin excepciones, de los monosacáridos es $C_xH_{2x}O_x$, se deduce fácilmente que los polisacáridos responderán casi siempre a la fórmula general:



La mayoría de los polisacáridos de reserva son glucanos, es decir, polímeros de glucosa, más exactamente de su isómero de anillo hexagonal (glucopiranososa). Se trata sobre todo de glucanos $\alpha(1\rightarrow4)$, representados en las plantas por el almidón y en los animales por el glucógeno, con cadenas que se ramifican gracias a enlaces de tipo $\alpha(1\rightarrow6)$. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Polisac%C3%A1rido>)

d.2) El almidón; Distribución, su importancia como glúcido. Estructura y propiedades de los gránulos del almidón. Composición del almidón. Estructura y propiedades de la amilosa. Estructura y propiedades de la amilopectina. Usos.

El almidón es el principal polisacárido de reserva de la mayoría de los vegetales, y la fuente de calorías más importante consumida por el ser humano. Es un constituyente imprescindible en los alimentos en los que está presente, desde el punto de vista nutricional. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Almid%C3%B3n>)



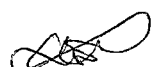
El almidón está compuesto fundamentalmente por glucosa. Aunque puede contener una serie de constituyentes en cantidades mínimas, estos aparecen a niveles tan bajos, que es discutible si son oligoconstituyentes del almidón o contaminantes no eliminados completamente en el proceso de extracción. Los almidones de los cereales contienen pequeñas cantidades de grasas. Los lípidos asociados al almidón son, generalmente, lípidos polares, que necesitan disolventes polares tales como metanol-agua, para su extracción. Generalmente el nivel de lípidos en el almidón cereal, está entre 0.5 y 1%. Los almidones no cereales, no contienen esencialmente lípidos. Químicamente es una mezcla de dos polisacáridos muy similares, la amilosa y la amilopectina; contienen regiones cristalinas y no cristalinas en capas alternadas. Puesto que la cristalinidad es producida por el ordenamiento de las cadenas de amilopectina, los gránulos de almidón céreo, tienen parecido grado de cristalinidad que los almidones normales. La disposición radial y ordenada de las moléculas de almidón en un gránulo resulta evidente al observar la cruz de polarización (cruz blanca sobre un fondo negro) en un microscopio de polarización cuando se colocan los polarizadores a 90° entre sí. El centro de la cruz corresponde con el hilum, el centro de crecimiento de gránulo. (<http://www.ecured.cu/index.php/Almid%C3%B3n>)

Amilosa: es el producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos $\alpha(1,4)$, que establece largas cadenas lineales con 200-2500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón; es decir, la amilosa es una α -D-(1,4)-glucana cuya unidad repetitiva es la α -maltosa. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de hélice

consta de seis moléculas de glucosa. El interior de la hélice contiene sólo átomos de hidrógeno, y es por tanto lipofílico, mientras que los grupos hidroxilo están situados en el exterior de la hélice. La mayoría de los almidones contienen alrededor del 25% de amilosa. Los dos almidones de maíz comúnmente conocidos como ricos en amilosa que existen comercialmente poseen contenidos aparentes de masa alrededor del 52% y del 70-75%. (<http://www.ecured.cu/index.php/Almid%C3%B3n>)

La amilosa es el producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos $\alpha(1,4)$, que establece largas cadenas lineales con 200-2500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón; es decir, la amilosa es una α -D-(1,4)-glucana cuya unidad repetitiva es la α -maltosa. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de hélice consta de seis moléculas de glucosa. El interior de la hélice contiene sólo átomos de hidrógeno, y es por tanto lipofílico, mientras que los grupos hidroxilo están situados en el exterior de la hélice. La mayoría de los almidones contienen alrededor del 25 % de amilosa. Los dos almidones de maíz comúnmente conocidos como ricos en amilosa que existen comercialmente poseen contenidos aparentes de masa alrededor del 52 % y del 70-75 % . (<http://es.wikipedia.org/wiki/Almid%C3%B3n>)

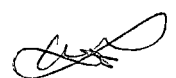
Amilopectina: se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular a la de un árbol; las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces α -D-(1,6), localizadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa. Su peso molecular es muy alto ya que algunas fracciones llegan a alcanzar hasta 200 millones de daltones. La amilopectina



constituye alrededor del 75% de los almidones más comunes. Algunos almidones están constituidos exclusivamente por amilopectina y son conocidos como céreos. La amilopectina de patata es la única que posee en su molécula grupos éster fosfato, unidos más frecuentemente en una posición O-6, mientras que el tercio restante lo hace en posición O-3.
(<http://www.ecured.cu/index.php/Almid%C3%B3n>)

La amilopectina se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular similar a la de un árbol; las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces α -D-(1,6), localizadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa. Su peso molecular es muy alto ya que algunas fracciones llegan a alcanzar hasta 200 millones de daltones. La amilopectina constituye alrededor del 75 % de los almidones más comunes. Algunos almidones están constituidos exclusivamente por amilopectina y son conocidos como céreos. La amilopectina de papa es la única que posee en su molécula grupos éster fosfato, unidos más frecuentemente en una posición O-6, mientras que el tercio restante lo hace en posición O-3.
(<http://es.wikipedia.org/wiki/Almid%C3%B3n>)

El almidón tiene muchas utilidades y se puede diferenciar tanto sus propiedades nutricionales, como sus beneficios en la industria alimentaria. En la industria alimentaria se utiliza el almidón como espesante, gelificante y aglutinante, como conservante de pan, y para elaborar embutidos y fiambres. Por propiedades nutricionales, el almidón es una fuente de energía sumamente importante. El almidón



cuando toma contacto con las enzimas del organismo es metabolizado a glucosa (azúcar utilizado por las células y por los órganos para funcionar correctamente) y pasa lentamente a la sangre para ser utilizado como combustible para obtener energía en las células del cuerpo. (<http://www.plantasparacurar.com/almidon/>)

El almidón es muy utilizado en la industria alimentaria como aditivo para algunos alimentos. Tiene múltiples funciones entre las que cabe destacar: adhesivo, ligante, enturbiante, formador de películas, estabilizante de espumas, conservante para el pan, gelificante, aglutinante, etc. Es un excelente agente antiadherente en múltiples usos. Pero también puede utilizarse para todo lo contrario: como adhesivo. Una utilización muy interesante del almidón es la preparación de embalajes de espuma, una alternativa biodegradable a los envases de poliestireno. (<http://quimicoglobal.mx/usos-del-almidon-proveedor-de-materias-primas-para-industria-alimenticia/>)

4.3 Tipos de Almidones: Almidón resistente. Almidones modificados. Almidones extrusionados.

El almidón resistente es la porción de almidón y los productos de almidón que resisten la digestión. Es la suma de almidones y productos de la digestión de almidones no absorbidos por el intestino delgado. No se trata de un tipo de almidón nuevo. Su interés radica en que podría reducir la curva de glucosa, por lo que podría usarse en enfermedades como la diabetes. El Almidón Resistente es simplemente un almidón que resiste la digestión, por lo que alcanza el intestino grueso intacto o casi intacto. Allí sirve como sustrato a las bacterias intestinales. (Perez, 2014).



El almidón modificado es un almidón alterado por procesos mecánicos o químicos para hacerlo más estable y adecuado para su ingesta, por cierto que este no se debe confundir con el almidón modificado genéticamente, (http://www.ultimate-stack.es/index.php?option=com_content&view=article&id=363:tritargo-almidon-hidrolizado&catid=36:articulos-de-mintxo-lasaosa)

Los almidones modificados se dan porque, los almidones nativos, no resisten mucho al calentamiento prolongado (esterilización de diversas conservas, platos cocidos con salsas, alimentos infantiles, etc.), se genera un estallido de los gránulos, una solubilización e hidrólisis parcial de las moléculas constitutivas y un descenso de la viscosidad. Para evitar esto, el almidón es sometido a una modificación química consistente en reticulaciones. Una baja proporción de reticulación estabiliza el estallido de los gránulos hinchados y permite mantener una viscosidad elevada, mientras que una mayor proporción de reticulación, protege al almidón contra un calentamiento prolongado. Así tenemos que el almidón modificado prolonga la vida útil de los alimentos, garantiza la calidad de los mismos al mejorar la textura, brindar un mayor sabor y resiste a los procesos de cocción o calentamiento. También se fabrican almidones de papa modificados para aplicaciones específicas que mejoran los rendimientos de papa natural. (<http://www.qsindustrial.biz/es/experiencias/peru/almidon-modificado-origen-y-aplicaciones>)

La extrusión es un proceso que nos permite mejorar la calidad biológica de la mayoría de las materias primas que se utilizan en la elaboración de piensos compuestos mediante la cocción a temperatura, humedad y presión muy altas durante un periodo de tiempo muy corto. Efectos de la extrusión:



Esterilización de los productos: la elevada presión y temperatura permiten destruir los microorganismos.

Gelatinización de los granos de almidón (amilosa+amilopectina) consistente en la alteración de los enlaces de hidrogeno entre las cadenas de polímeros alterando la estructura semi-cristalina de los gránulos de almidón, debilitándolos y convirtiéndolos en más digeribles y eficaces en el sistema digestivo.

Destrucción de las paredes celulares facilitando la disposición de los nutrientes en el intestino y haciendo que sean más disponibles para el ataque enzimático, aumentando pues la digestibilidad de la energía y de las proteínas.

Desactivación de los factores anti nutricionales permitiendo la destrucción del 90% de los factores antitrípsicos y de la ureasa que contienen la soja y las proteaginosas. Inactivación de los sistemas enzimáticos responsables de la liberación de las lipasas y lipoxidasas presentes en los granos de oleaginosas previniendo el enranciamiento y la oxidación del aceite que contienen.
(<http://www.cotecnanutricion.com/extrusion.htm>)

d.4) La gelatinización y retrogradación del almidón

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, pero pueden contener agua al aumentar la temperatura, es decir los gránulos de almidón sufren el proceso denominado gelatinización. Durante la gelatinización se produce la lixiviación de la amilosa, la gelatinización total se produce normalmente dentro de un intervalo más o menos amplio de temperatura, siendo los gránulos más grandes los que primero gelatinizan. Los diversos estados de gelatinización pueden ser

determinados. Estos estados son: la temperatura de iniciación (primera observación de la pérdida de birrefringencia), la temperatura media, la temperatura final de la pérdida de birrefringencia (TFPB, es la temperatura a la cual el último gránulo en el campo de observación pierde su birrefringencia), y el intervalo de temperatura de gelatinización. Al final de este fenómeno se genera una pasta en la que existen cadenas de amilosa de bajo peso molecular altamente hidratadas que rodean a los agregados, también hidratados, de los restos de los gránulos. En cambio la retrogradación del almidón; se define como la insolubilización y la precipitación espontánea, principalmente de las moléculas de amilosa, debido a que sus cadenas lineales se orientan paralelamente y reaccionan entre sí por puentes de hidrógeno a través de sus múltiples hidroxilos; se puede efectuar por diversas rutas que dependen de la concentración y de la temperatura del sistema. Si se calienta una solución concentrada de amilosa y se enfría rápidamente hasta alcanzar la temperatura ambiente se forma un gel rígido y reversible, pero si las soluciones son diluidas, se vuelven opacas y precipitan cuando se dejan reposar y enfriar lentamente. La retrogradación está directamente relacionada con las fracciones de amilosa o las secciones lineales de amilopectina que retrogradan, forman zonas con una organización cristalina muy rígida, que requiere de una alta energía para que se rompan y el almidón gelatinice. Las moléculas de amilosa y amilopectina están dispersas en la solución acuosa (gelatinizada) de almidón. Después del enfriamiento, las porciones lineales de varias moléculas se colocan paralelamente debido a la formación de enlaces H. Esto obliga a las moléculas de agua a apartarse y a permitir que las moléculas cristalicen juntas. Cuando se disuelve el almidón en agua, la estructura cristalina de las moléculas de amilosa y amilopectina se pierde y éstas



se hidratan, formando un gel, es decir, se gelatiniza. Si se enfría este gel, e inclusive si se deja a temperatura ambiente por suficiente tiempo, las moléculas se reordenan, colocándose las cadenas lineales de forma paralela y formando puentes de hidrógeno. Cuando ocurre este reordenamiento, el agua retenida es expulsada fuera de la red (proceso conocido como sinéresis), es decir, se separan la fase sólida (cristales de amilosa y de amilopectina) y la fase acuosa (agua líquida). (<http://es.wikipedia.org/wiki/Almid%C3%B3n>)

d.5) Proceso de degradación del almidón. Hidrolisis química del almidón. Hidrolisis enzimática del almidón.


Los polisacáridos pueden descomponerse, por hidrólisis de los enlaces glucosídicos entre residuos, en polisacáridos más pequeños, así como en disacáridos o monosacáridos. Su digestión dentro de las células, o en las cavidades digestivas, consiste en una hidrólisis catalizada por enzimas digestivas (hidrolasas) llamadas genéricamente glucosidasas, que son específicas para determinados polisacáridos y, sobre todo, para determinados tipos de enlace glucosídico. Así, por ejemplo, las enzimas que hidrolizan el almidón, cuyos enlaces son del tipo llamado $\alpha(1\rightarrow4)$, no pueden descomponer la celulosa, cuyos enlaces son de tipo $\beta(1\rightarrow4)$, aunque en los dos casos el monosacárido sea el mismo. Las glucosidasas que digieren los polisacáridos.

De acuerdo a, (http://www.ultimate-stack.es/index.php?option=com_content&view=article&id=363:tritargo-almidon-hidrolizado&catid=36:articulos-de-mintxo-lasaosa), la hidrólisis es una reacción química que desdobra cadenas largas de polisacáridos por la acción del agua para producir cadenas más



pequeñas o carbohidratos simples. Los productos resultantes son asignados un valor de equivalencia en dextrosa (DE) que está relacionado al nivel de hidrólisis realizado. Un DE con valor de 100 corresponde al almidón completamente hidrolizado, que es la glucosa (dextrosa) pura.

Hidrolizados de almidón y ejercicio. La modificación, por hidrolización y selección de las fracciones de amilopectina sobre las de amilosa, consigue obtener un almidón de especiales características muy ventajosas para su empleo como suplemento dietético deportivo, muy por encima de los tradicionales suplementos de carbohidratos. Desde hace más de 40 años se han empleado como bebidas de reposición energética e hídrica, carbohidratos de bajo peso molecular por su buena digestibilidad, solubilidad y sabor agradable; estos son la glucosa, la fructosa y la sacarosa, sobre todo. Estos carbohidratos tan simples tienen, sin embargo dos problemas: primero, que su osmolaridad es demasiado alta (no se pueden concentrar demasiado en el agua sin ser indigestos), produciendo diarreas y flatulencia y dificultando su disposición a efectos de recarga energética e hidratación; segundo, que su índice glicémico es demasiado alto, con algunas desventajas consecuentes tales como la hipoglucemia reactiva e incluso la lipogénesis o acúmulo de grasa. Los almidones modificados solucionan estos problemas porque su peso molecular muy alto (medida de la fuerza que hace sobre el medio en el que se encuentra) está, en el caso del almidón de patata, entre los 500.000 y 700.000, produciendo una presión osmótica baja que facilita el vaciado del estómago y mejora la disponibilidad al intestino y luego a hígado y sangre, hasta llegar al músculo. La elevada cantidad proporcional de amilopectinas tiene mucho que ver con esto.

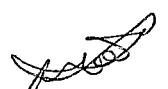


Así pues, la baja osmolaridad provocada por el alto peso molecular de las fracciones de amilopectina presentes en el almidón de la patata hidrolizado, supone que la mezcla de este carbohidrato con agua consigue un vaciado gástrico rápido que pone dicho nutriente en disposición de ser utilizado por las células, además de evitar las molestias digestivas durante o después del esfuerzo. Es de destacar también que posiblemente otros nutrientes puedan acompañar a esta mezcla, haciéndola más completa. (http://www.ultimate-stack.es/index.php?option=com_content&view=article&id=363:tritargo-almidon-hidrolizado&catid=36:articulos-de-mintxo-lasaosa)

La mayoría de los pasos de la degradación de almidón a glucosa pueden ser catalizados por tres enzimas distintas, si bien hay otras más que se necesitan para completar el proceso. Las tres primeras enzimas son una α -amilasa, β -amilasa y almidón fosforilasa. Al parecer solo la α -amilasa puede atacar gránulos de almidón intactos, por lo que cuando participan la α -amilasa y la almidón fosforilasa, es probable que actúen sobre los primeros productos liberados por la α -amilasa. La α -amilasa ataca de manera aleatoria enlaces 1,4 en las moléculas de amilosa y amilopectina, al principio creando huecos al azar en los granos de almidón y liberando productos que aun son grandes. En cadenas de amilosa no ramificadas, el ataque repetido por la α -amilasa produce maltosa, un disacárido que contiene dos unidades de glucosa. Sin embargo, la α -amilasa no puede atacar los enlaces 1,6 localizados en los puntos de ramificación de la amilopectina, por lo que la digestión de amilopectina cesa cuando aun quedan dextrinas ramificadas con cadenas de longitud corta. Muchas α -amilasas son activadas por Ca^+ , lo cual es una de las razones por las que el calcio es un elemento esencial. La α -amilasa hidroliza al



almidón en α -maltosa; la enzima actúa primero solo sobre los extremos no reductores. La α -maltosa cambia con rapidez, por mutarrotación, para formar las mezclas naturales de isómeros α y β . La hidrólisis de amilosa por la α -amilasa es casi completa, pero la degradación de amilopectina es incompleta porque no son atacados los enlaces de los puntos de ramificación. La actividad de ambas amilasas implica la incorporación de una molécula de H₂O por cada enlace roto, por lo que son enzimas hidrolasas. Las reacciones hidrolíticas no son reversibles, de modo que no se pueden detectar síntesis de almidón por amilasas. Las amilasas están diseminadas en diversos tejidos pero son más activas en las semillas que están germinando, ricas en almidón. Es probable que la α -amilasa tenga más importancia que la β -amilasa para la hidrólisis de almidón. Gran parte de la α -amilasa se localiza dentro de los cloroplastos, muchas veces unida a los granos de almidón que atacara. Actúa tanto en el día como por la noche aunque, por supuesto, durante la luz de día hay producción neta de almidón por la fotosíntesis. La amilopectina solo es degradada parcialmente por la acción del almidón fosforilasa. La reacción procede de manera consecutiva a partir del extremo no reductor de cada cadena principal o cadena ramificada hasta a unos residuos de glucosa de las uniones α -1,6 de las ramificaciones, por lo que de nuevo que dan dextrinas. La amilosa, que tiene pocas ramificaciones, se degrada casi por completo, por eliminación repetida de unidades de glucosa a partir del extremo no reductor de la cadena. La almidón fosforilasa está ampliamente distribuida en la planta y a veces resulta difícil determinar que enzima digiere la mayor parte del almidón en las células de interés. (<http://html.rincondelvago.com/hidrolisis-enzimatica-de-un-polisacarido-vegetal.html>)



d.6) Amilasas. α -amilasas. β -amilasas. Glucoamilasa

La amilasa, denominada también sacarasa o ptialina, es un enzima hidrolasa que tiene la función de catalizar la reacción de hidrólisis de los enlaces 1-4 del componente α -amilasa al digerir el glucógeno y el almidón para formar azúcares simples. Se produce principalmente en las glándulas salivales (sobre todo en las glándulas parótidas) y en el páncreas. Tiene actividad enzimática a un pH de 7. Cuando una de estas glándulas se inflama, como en la pancreatitis, aumenta la producción de amilasa y aparece elevado su nivel en sangre (amilasemia). α -amilasa (Nombre alternativos: 1,4- α -D-glucano-glucanohidrolasa; glucogenasa). Las amilasas son enzimas dependientes de calcio, completamente afuncionales en ausencia de iones de calcio. Actúan a lo largo de cualquier punto de la cadena de los carbohidratos, descomponiéndolos en dextrina desde la amilopectina. Dado que puede actuar en cualquier punto de la cadena es más rápida que la β -amilasa. En los animales es una enzima digestiva mayor y su pH óptimo está entre 6,7 y 7,2. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Amilasa>)

La beta-amilasa se la conoce con el nombre de enzima sacarogénica, pues actúa sobre la amilosa, rompiendo unidades 1,4, dando maltosa. Sobre la amilopectina actúa en las uniones alfa-1,4 de la cadena recta, y detiene su acción a distancia de 2 unidades de glucosa antes de atacar las uniones alfa-1,6. Se trata de una exo-amilasa, ya que actúa sobre el terminal de la molécula; mientras la amilosa es transformada totalmente en maltosa, la cadena ramificada de la amilopectina se conserva en un 40-45% sin hidrolizar. (http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/schmidth02/parte07/01.html)



β -amilasa (Nombres alternativos: 1,4- α -D-glucano-maltohidrolasa; amilasa sacarogénica). Otra forma de amilasa, la β -amilasa es también sintetizada por bacterias, hongos y plantas. Los tejidos animales no contienen β -amilasa, aunque puede estar presente en microorganismos saprófitos del tracto gastrointestinal. Tiene un pH óptimo de 4 - 5. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Amilasa>)

γ -amilasa, nombres alternativos: Glucano 1,4- α -glucosidasa; aminoglucosidasa; Exo-1,4- α -glucosidasa; glucoamilasa; α -glucosidasa lisosómica; 1,4- α -D-glucano glucohidrolasa). Además de romper el último enlace α (1-4)glicosídico en el extremo no reductor de la cadena de amilosa y amilopectina, liberando glucosa, la γ -amilasa puede romper los enlaces glicosídicos α (1-6). A diferencia de las otras amilasas esta forma es más eficaz en medios ácidos y su pH óptimo es de 3. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Amilasa>)

d.7) Maíces amiláceos. Maíz morado *Zea mays* L. Principales características.

El maíz como alimento humano es usado en una gran variedad de formas. Como es lógico, la mayor variación se encuentra en México, América Latina y África Sub-Sahariana, donde es un alimento básico. Las formas de preparación del maíz como alimento son sin duda mas limitadas en el norte de África, Cercano Oriente y Asia. Miracle (1966) clasificó las distintas formas de preparación en base al estado de desarrollo del grano en el momento de ser consumido y si es usado como alimento, bebida u otros usos, por ejemplo como sustituto del tabaco. Fussell (1992) presentó una descripción histórica de los alimentos preparados con el maíz, desde el "piki" a los copos de maíz en las Américas. Serna Saldívar y Gómez y Rooney (1994)



describieron varios procesos para el uso del maíz como alimento, los platos que se preparan con el mismo en distintas partes del mundo y también varios usos alimenticios industriales. (<http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s08.htm>)

Además de los tipos de maíces duros y dentados que son fundamentalmente usados para la alimentación humana, hay algunos tipos de maíces que han sido obtenidos con propósitos específicos (ver capítulo Tipos de maíz). Sus características especiales y sus usos específicos se describen a continuación.

Maíz harinoso. Este tipo de maíz se usa para hacer una gran variedad de comidas sobre todo en el altiplano andino. Comúnmente se usan como mazorcas asadas y parcialmente reventadas y los granos maduros tostados; otros productos típicos son la "kancha" y la "chicha", bebidas similares a la cerveza. Este maíz también se usa en Paraguay para hacer un tipo especial de pan llamado "sopa paraguaya". Otra especialidad que se está popularizando son los granos de maíz tostados; los granos de la variedad Cuzco Gigante se calientan en una solución alcalina, se lavan para quitar el pericarpio, se blanquean por unas pocas horas en agua caliente y se fríen para desarrollar su textura, color y sabor. Otro uso del maíz harinoso que está en aumento es la extracción del pericarpio de distintos colorantes para alimentos.

Maíz reventón. Los granos de maíz duro sometidos a altas temperaturas, ya sea en arena o en un recipiente calientes, revientan; las rositas o palomitas son un bocadillo muy popular en todo el mundo. Hay variedades de maíz duro que han sido modificadas y mejoradas por un proceso de selección para obtener mejor expansión. Los



granos de buenos tipos de maíz reventón tienen una expansión de 30 a 40 veces su tamaño original (Rooney y Serna Saldívar, 1987). Para que haya una expansión óptima la temperatura de cocción debe ser de alrededor de 177°C (Watson, 1988). A esta temperatura, el agua en el endospermo del grano pasa al estado de vapor, el cual proporciona la presión necesaria para hinchar el grano y reventar. El contenido de humedad es importante para obtener una buena expansión, lo que da lugar a que el envase y el almacenamiento de estos maíces requiera condiciones especiales y por ende mayores costos.

Mazorcas baby. Es comúnmente conocido como maíz baby, lo cual es incorrecto porque esta mazorca no contiene granos. El uso como hortaliza de las mazorcas jóvenes inmaduras fue desarrollado y promovido en Tailandia y forma parte de la cocina típica del sudeste asiático. Su uso se está ahora difundiendo junto con otras comidas orientales. Las mazorcas inmaduras y muy jóvenes se cosechan cuando los estambres están por emerger fuera de las hojas de cobertura o cuando han recién aparecido, pero en todo caso antes de que los estambres hayan sido polinizados. Para asegurar que la polinización no ocurre, se corta la espiga masculina de las plantas antes de la dehiscencia de las anteras, tal como se hace en los surcos de plantas femeninas en la producción de semillas de maíz híbrido. Las mazorcas de maíz baby se comercializan con las espigas o desnudas y sin estambres. Estas mazorcas se usan frescas en ensaladas, para hacer sopas o envasadas en encurtidos.

Mazorcas verdes. En casi todos los países donde se cultiva maíz, el consumo callejero de las mazorcas verdes asadas o hervidas y el grano consumido directamente. Esta costumbre tiene algunas ventajas, por ejemplo, que el maíz cosechado verde no tiene el



problema de la pudrición de las mazorcas o del ataque de los insectos en el campo. Además, esto proporciona una fuente de alimentos y energía entre las dos épocas de cultivo principales. Las mazorcas verdes asadas o hervidas son consumidas sobre todo por los niños y las mujeres y el grano en el estado lechoso es mas nutritivo que, por ejemplo, el arroz. Los granos frescos sueltos también son usados para la preparación de budines y tortas dulces. Las plantas están aún verdes cuando se cosechan las mazorcas y proporcionan un buen alimento para el ganado, mejor que los restos secos que quedan después de la cosecha del maíz maduro. (<http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s08.htm>)

Maíz morado: El maíz morado, es una herencia saludable para la humanidad; dado que contiene sustancias fenólicas y antocianinas, además de otros fitoquímicos muy importantes para la salud. Este maíz se usa desde la época pre inca y ha sido representado en diferentes objetos cerámicos de la cultura Mochica que datan de hace más de 2,500 años. En el Perú son muy populares la "chicha morada" y la "mazamorra morada" preparadas con este maíz, reconocidas como muy nutritivas. El colorante que caracteriza es una antocianina que es el cianidin-3-b-glucosa, se encuentra tanto en los granos como en la coronta. Este colorante natural tiene un potencial benéfico para la salud; por tratarse de un rico antioxidante con propiedades medicinales comprobadas a nivel mundial, entre ellas: Promueve la reducción del colesterol y la baja de presión arterial, estabiliza y protege la capilaridad de las arterias, combatir obesidad y diabetes. El pueblo de los Andes y del Perú en general, tienen como costumbre refrescarse con una bebida llamada popularmente chicha morada de muy reconocido poder nutritivo y saludable. La producción peruana de

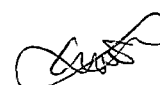
maíz morado ha mostrado una franca recuperación a partir del 2003, creciendo a un promedio anual de 19,6% hasta 2006, totalizando las 10,6 mil TM. En 2006 las principales regiones productoras fueron Lima (24,2%), Arequipa (21,8%) y Cajamarca (20,6%). (http://es.wikipedia.org/wiki/Ma%C3%ADz_morado)

d.8) Jarabe de maíz. Aplicaciones en la Industria Alimentaria.

De acuerdo a (<http://www.revistaalimentos.com.co/ediciones/edicion5/ingredientes-5/la-magia-de-los-jarabes-de-maiz.htm>) , uno de los ingredientes con mayores usos para la industria de alimentos son los jarabes de maíz. Se trata de mezclas de azúcares obtenidos por hidrólisis controlada, vía ácida o enzimática, del almidón de maíz. Estos productos se encuentran en estado líquido o sólido y sus características fisicoquímicas y funcionales se determinan por la concentración de sólidos, pH, viscosidad, y su grado de hidrólisis. Éste último es expresado en términos de dextrosa equivalente (DE). Es decir, el porcentaje de azúcares reductores presentes en el jarabe y calculado como dextrosa (D.-glucosa) en base seca.

De acuerdo con el grado de hidrólisis del almidón se obtienen diferentes productos:

Maltodextrinas: La Maltodextrina se define como un polímero de sacáridos nutritivos, conformado por unidades de D-glucosa. Tiene una dextrosa equivalente menor que 20%. Sus propiedades funcionales lo constituyen en un importante texturizador, encapsulante de sabores, vehículo para mezclas en polvo, anticompactante, estabilizante y anticristalizante, agente dispersante y como fuente



calórica en formulaciones de lácteos y como reemplazo de sólidos grasos en algunas formulaciones.

Jarabes de glucosa: Los jarabes de glucosa son una solución acuosa concentrada y purificada de sacáridos nutritivos obtenidos del almidón, cuyo contenido de sólidos es mayor que 70% m/m y el contenido de azúcares reductores es mayor que 20%. A los jarabes de glucosa también puede removerse parcialmente el agua y obtener lo que la FDA denomina "jarabe de glucosa seca" ó "sólidos de jarabe de glucosa". También se trata de uno de los productos más utilizados por la industria confitera y de alimentos procesados ya que proporcionan dulzura, equilibrio adecuado de azúcares en las formulaciones, control de cristalización, brillo, maquinabilidad, textura, viscosidad, depresión del punto de congelamiento, aumento de la presión osmótica, pardeamiento (reacción de Maillard) y humectación.

Jarabes de maltosa: Estos jarabes son usados como adjuntos cerveceros, pero también son utilizados en la industria de alimentos procesados y confitería en la fabricación de caramelos duros, debido a que aportan buena estabilidad del color gracias a su alto contenido del disacárido (maltosa).

Jarabes de dextrosa: Son producidos por la hidrólisis enzimática del almidón de maíz para obtener valores mínimos entre 95% y 96% de D-glucosa. Se usan en procesos de fermentación como en la producción de ácido cítrico; también ayudan a incrementar la cantidad de azúcares fermentables en la producción de vinos y en la fabricación de sorbitol por medio de un proceso de hidrogenación. Cuando los jarabes de dextrosa de alto contenido de D-glucosa, se someten a un proceso de cristalización, se obtienen dos tipos de dextrosa



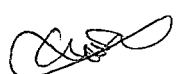
comercialmente conocidos como: Dextrosa monohidratada y Dextrosa anhidra. La dextrosa monohidratada tiene una amplia gama de aplicaciones. Posee una dulzura refrescante y suave para acentuar el sabor y un alto poder reductor para ayudar al pardeamiento del producto final. Es 100% fermentable, y proporciona alta osmolalidad. La dextrosa anhidra es un producto de alta pureza con muy baja humedad total; la mejor opción para sistemas sensibles al agua como el chocolate y otras aplicaciones.

Jarabes de fructosa: El jarabe de maíz de alta fructosa está definido por la FDA como una mezcla de sacáridos nutritivos. Contiene aproximadamente 42% ó 52% de fructosa y es preparado como una solución acuosa del hidrolizado de almidón de maíz de alta dextrosa. Este jarabe ofrece una dulzura que reemplaza al azúcar en los refrescos y en los jugos de frutas. Es altamente fermentable, bajo en viscosidad y está disponible en varios niveles de fructosa.

En función a, (<http://www.clubdarwin.net/seccion/ingredientes/jarabe-de-maiz-de-alta-fructosa-usos-y-ventajas>):

Las recientes discusiones entre los fabricantes de alimentos y bebidas sobre el jarabe de maíz de alta fructosa (JMAF) se han centrado en gran medida de las percepciones erróneas por parte del consumidor de este ingrediente, incluyendo el malentendido de que el JMAF de alguna manera se metaboliza de manera diferente del azúcar de mesa (sacarosa).

Fuente energética del jarabe de maíz: De hecho, existe un consenso médico y científico de que el JMAF es seguro, y que es calóricamente y nutricionalmente igual al azúcar de mesa.



Las discusiones sobre el valor nutricional del JMAF y el azúcar de mesa tienden a distraer a los fabricantes acerca de muchos de los beneficios que han hecho del JMAF un ingrediente ampliamente utilizado por más de 30 años. Estos beneficios incluyen ventajas funcionales y de costos que pueden hacer del JMAF una opción excelente para una amplia variedad de productos, incluyendo productos horneados, bebidas y productos lácteos, ventajas que van más allá de la simple función de edulcorante.

Ventajas funcionales en los productos de panificación: En productos horneados, una de las principales ventajas de JMAF se deriva de la higroscopicidad (capacidad de atraer la humedad) y humectación (capacidad para retener la humedad) de su componente monosacárido fructosa.

La retención de la humedad retrasa el endurecimiento y el moldeado.

La fructosa es más rápida para absorber la humedad y más lenta para liberarla que la sacarosa, un disacárido en el que la fructosa está conectada a la glucosa mediante un enlace covalente.

La retención de humedad superior de la fructosa es útil en alimentos altos en fibra, de bajo contenido de humedad como cereales integrales y barras de granola. Además, esta retención de la humedad causa retraso tanto en el endurecimiento como en el enmohecimiento, resultando en una vida útil más larga para los panes y otros productos formulados con JMAF.

Costras y esmaltes dorados: Debido a que la fructosa es un monosacárido, es más adecuado que la fructosa de la sacarosa (disacárido) para expresar su funcionalidad como un azúcar reductor



en la serie de reacciones de pardeamiento de Maillard. Estas reacciones resultan en el pardeamiento de panes y pasteles, el acristalamiento de carnes preparadas como los jamones y los aromas y sabores que hacen que estos alimentos sean tan atractivos.

En la sacarosa, el extremo reductor de la molécula de fructosa está atado con el vínculo a la glucosa, y este carácter de reducción no se expresa.

Productos horneados más suaves: La fructosa tiene una mayor solubilidad que la sacarosa. Por lo tanto, es más difícil de cristalizar durante el proceso de cocción. Por ejemplo, cuando la masa de galletas endulzada con JMAF se cuece al horno, los componentes de glucosa y fructosa permanecen en una forma fundida y amorfa en lugar de cristalizarse, lo que se traduce en una galleta suave y húmeda. Esta característica es una razón clave para la introducción de las galletas blandas al mercado en la década de 1970 y 1980, creando una nueva categoría de productos de panadería. Los fabricantes cuyos productos requieren la cristalización del azúcar (por ejemplo, las galletas de jengibre o las galletas crujientes) hallan que la sacarosa es una opción edulcorante más adecuada.

Sabores de fruta y especias mejorados: La dulzura de la fructosa se percibe de manera diferente a la de la sacarosa en algunos usos. Con la fructosa, la dulzura se puede percibir antes y más intensamente, y la percepción se desvanece más rápido.

La dulzura de la glucosa se percibe entre la de la fructosa y la sacarosa. Los aromas frutales tienden a desarrollarse y desvanecerse en el paladar con la curva de intensidad de dulzura / duración de la sacarosa y son un tanto enmascarados por este edulcorante.



El costo de manejo y proceso de la sacarosa puede ser considerablemente mayor

El resultado de la combinación de los diferentes perfiles de percepción de dulzor de la fructosa y la glucosa en el JMAF es que, cuando se utiliza la misma cantidad de sabor de la fruta en un producto, la percepción (y disfrute) de que el sabor es mayor con JMAF que con sacarosa.

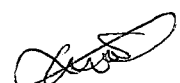
Mejora de la eficacia de la levadura: Un uso más sutil de la fructosa en el JMAF puede ser para facilitar la fermentación de los productos que se basan en la levadura, como panes y yogures.

Los microorganismos necesitan una fuente de energía para crecer, y los monosacáridos de fructosa y glucosa en el JMAF proporcionan un mejor sustrato para la fermentación de la levadura que la sacarosa.

Utilidad en el control del punto de congelación de los productos. Como se mencionó anteriormente, la fructosa es altamente soluble, lo que influye en sus propiedades coligativas (propiedades químicas que dependen de la masa [y concentraciones] de una molécula en la solución), incluyendo la depresión del punto de congelación del producto.

Un fabricante de helados, por ejemplo, puede querer producir tanto un producto de empaque duro con un punto más alto de congelación y un producto suave para servir con un punto de congelación más bajo.

Una opción para lograr las características apropiadas para cada uno de ellos es controlar el equilibrio de azúcares en el helado, mezclando diferentes proporciones de los monosacáridos (como en el JMAF),



disacáridos (sacarosa) y polímeros de hidratos de carbono mayores tales como el jarabe de maíz.

Con cada mezcla, el fabricante podría alcanzar el punto de congelación necesario para la maquinaria de producción de cada producto, utilizar el equipo de congelación, almacenamiento, transporte y uso final.

Ahorro de costes directos e indirectos. El costo directo del JMAF ha sido uno de sus principales ventajas, con precios históricamente 20% a un 30% menores que los de la sacarosa. Recientemente, sin embargo, esta ventaja ha sido aún mayor.

El azúcar seco se suministra en bolsas que deben ser descargadas de un camión o un automotor, transferidas al almacenamiento y luego al área de producción, lo que requiere mano de obra. Las bolsas se deben abrir y el azúcar se debe transferir a un tanque de dilución / confección para su procesamiento. El tratamiento automatizado del azúcar cristalina puede requerir sopladores y tuberías sofisticados y resistentes a la abrasión. La dilución requiere agua, calor y agitación con sus costes correspondientes.

El JMAF está predisuelto y puede ser transferido automáticamente de camión o un automotor al almacenamiento y la producción usando bombas. Más estable que el azúcar líquido, el JMAF se puede almacenar más tiempo, y el cumplimiento de los requisitos de saneamiento, como la esterilización de tanques y tuberías y el control de plagas en almacén es más simple y por lo tanto menos costoso.

Al igual que con las propiedades funcionales discutidas anteriormente (la retención de humedad, la reacción de Maillard, la cristalización



reducida, la fermentación y el control del punto de congelación), las ventajas de costo y manejo de JMAF demuestran la gran variedad de formas en que un fabricante de alimentos o bebidas puede utilizar el JMAF para maximizar la productividad y la calidad de los productos mientras disfruta de ahorro de costes.

El JMAF proporciona una mejor percepción del sabor cuando se utiliza con especias como la canela. Para los fabricantes cuyos productos requieren la cristalización del azúcar el JMAF es la opción más adecuada.

La retención de la humedad retrasa el endurecimiento y el moldeado.

d.9) Elaboración de Jarabe de Maíz.

De acuerdo a, (http://es.wikipedia.org/wiki/Jarabe_de_ma%C3%ADz) el jarabe de maíz es un edulcorante líquido, creado a partir del almidón o fécula de maíz. El proceso para la producción de jarabe de maíz de alta fructosa (JMAF) fue descubierto por investigadores japoneses en la década 70 del siglo XX y su consumo se ha extendido a todo el mundo. En un principio se extendió particularmente en Estados Unidos y Canadá, países que han venido limitando su dependencia del azúcar de la caña o sacarosa proveniente de los países tropicales en más de un 35% (1994.) Al incrementarse la producción de fructosa se obtiene un almíbar comparable a las características de la sacarosa en un radio extendido entre la fructosa y la glucosa en su dulzura. Este proceso ha sido el mejor sustituto para aquellas empresas dedicadas a las bebidas ligeras y los comestibles. Primero, el almidón obtenido del maíz es calentado en forma de leche, luego es hidrolizado a dextrina media y, finalmente, el jarabe de fructosa en concentración de 42% es separado, para luego ser



mezclado con un jarabe de fructosa al 80-90% de concentración para obtener un jarabe de fructosa al 55% de concentración. La sacarosa es un disacárido formado por la unión de glucosa y fructosa, y el jarabe de maíz (HFCS) puede tener contenidos de fructosa mayores o superiores a la sacarosa con diferencias en su dulzura. Visto comparativamente, en el jarabe de maíz prima la fructosa sobre la glucosa, obteniendo una ventaja sobre la sacarosa que en el sistema digestivo es descompuesta en fructosa y glucosa en partes iguales a través de un proceso de hidrólisis por enzimas sacarosas. Dada la asociación de la glucosa con la (diabetes,) los bajos niveles de glucosa serían recomendable. La miel es otro producto que es un mezcla de diferentes tipos de azúcares, agua y pequeñas cantidades de otros componentes. La miel típica contiene fructosa y glucosa similar al jarabe de maíz, más otros azúcares como la sacarosa y otros. De acuerdo a algunos datos del uso del jarabe de maíz en las industrias de las bebidas en los Estados Unidos, su sabor es el característico del azúcar proveniente de la caña de azúcar, aunque dicho sabor es suavizado previamente.

d.10) Caracterización fisicoquímica de jarabes obtenidos a partir del almidón.

Jarabes del almidón:

Las dextrinas, que tras la hidrolización son polímeros de cadena corta.

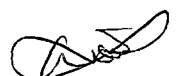
La maltodextrinas es un almidón parcialmente hidrolizado que no es dulce y que tiene un valor DE menor de 20, Se emplean habitualmente en los weight gainers, o fórmulas para aumento de peso.

Los jarabes, como el jarabe de maíz o miel de maíz, provienen del almidón de maíz y tienen valores DE de 20 a 91. La dextrosa comercial tiene valores DE de 92 a 99,



El jarabe de maíz de alta fructosa, que se usa comúnmente en la producción de refrescos, se produce tratando el jarabe de maíz con enzimas que convierten una porción de la glucosa a fructosa. El jarabe de maíz de alta fructosa contiene aproximadamente 42% a 55% de fructosa y el resto consiste principalmente de glucosa.

Los jarabes de glucosa hidrogenados se producen hidrolizando almidón, y después hidrogenando el jarabe resultante para producir azúcar-alcoholes como el maltitol, el sorbitol, y otros oligo- y polisacáridos hidrogenados; estos carecen de carga calórica y se emplean para los productos light. (http://www.ultimate-stack.es/index.php?option=com_content&view=article&id=363:tritargo-almidon-hidrolizado&catid=36:articulos-de-mintxo-lasaosa)



e) MATERIALES Y MÉTODOS

e.1) Materiales utilizados en la investigación

Se emplearon los materiales y equipos indicados en las siguientes tablas:

TABLA N° e.1.1

REACTIVOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN

<u>Reactivos:</u>	<u>Cantidades (gramos)</u>
Almidón soluble	50
Solución de Fehling A	200
Solución de Fehling B	200
Papel filtro	20
Algodón hidrófilo	50
Ácido clorhídrico al 10%	200
Alfa amilasa	60
Hidróxido de sodio	50
Tintura de Yodo	20
Lugol	20
Alcohol etílico	1000

Fuente: Elaboración Propia 2015



TABLA N° e.1.2
EQUIPOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN

<u>Equipos:</u>
Fotocolorímetro
Estufa
Incubadora
Balanza Analítica
Potenciómetro
Mechero Bunsen
Refractometro
Baño María
Espectrofotómetro
Laptop

Fuente: Elaboración propia- 2015



TABLA N° e.1.3

MATERIAL DE VIDRIO A EMPLEAR EN LA INVESTIGACIÓN

• MATERIAL DE VIDRIO
• Placas Petri (tamaño estándar)
• Tubos de ensayo de 10 mL
• Erlenmeyers (250 a 1000 ml)
• Vasos de precipitado (250 a 1000 ml)
• Pipetas (5 a 10ml)
• Baguetas
• Buretas (20 a 25 ml)
• Embudos para filtrar (tamaño estándar)
• Frascos y otros

Fuente: Elaboración propia- 2015

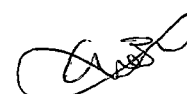


TABLA N°e.1.4

OTROS MATERIALES A EMPLEARSE EN LA INVESTIGACIÓN

<u>Otros Materiales:</u>
• Balón para gas propano
• Soportes universales
• Pinzas
• Papel Manteca
• Gasas
• Papel Aluminio
• Materiales de limpieza

Fuente: Elaboración propia- 2015

e.2) Población de la investigación y la muestra

Universo: Maíz morado *Zea mays L.* acopiado en el puesto del Pabellón de Frutas y Verduras, ubicado en la Minka, Callao acopio semanal aproximado de 250 Kilos de maíz morado *Zea mays L.*

Muestra: 18 Kilos de maíz morado *Zea mays L.*

Para la elaboración de jarabes se tomó una muestra de 200 gramos de almidón seco, extraído de una muestra de Maíz Morado procedente de Canta en el mercado la MINKA- Callao (La población arriba indicada).

e.3) Técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos

Se recolecto los datos obtenidos de laboratorio aplicando las bitácoras, elaboración de tablas para analizarlas con estadística descriptiva.

e.4) Técnicas de análisis o los métodos estadísticos

Técnicas estadísticas: Estadística descriptiva e implica medidas de tendencia central: promedios, desviación estándar, intervalos para la media al 95 % de confianza.

e.5) Metodología

ETAPA 1

Lugar: En los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos en la U.N.A.C.

En el Laboratorio de Micología Aplicada de la Facultad de Ciencias Biológicas de la U.N.M.S.M.

Se trabajó con almidón seco de maíz morado, extraído por el método de molienda húmeda, y posteriormente secado a 50 °C, hasta peso constante.

Se preparó los jarabes en base a la hidrolisis del almidón de la fuente natural en estudio. A diferentes temperaturas, empleando la hidrolisis con HCl 1% y Alfa amilasa al 1%. Midiendo posteriormente el contenido de glucosa aplicando método de Fehling y azúcares solubles.

La preparación del jarabe empleando el almidón de maíz morado *Zea mays L.* mediante el método de hidrolisis enzimática y química. Para

obtener un jarabe rico en glucosa Se obtuvieron la temperatura y el tiempo de cocción del almidón de maíz morado *Zea maydis L.* con un contenido significativo de glucosa. Se determinó la concentración de ácido clorhídrico para la hidrólisis del almidón de maíz morado *Zea maydis L.*

ETAPA 2

Lugar: En los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos en la U.N.A.C.:

Se determinó los azúcares solubles, método refractométrico.

En el Laboratorio de Micología Aplicada de la Facultad de Ciencias Biológicas de la U.N.M.S.M.:

Se determinó los azúcares reductores en los jarabes por el método de Fehling (gravimétrico)

f) RESULTADOS

ETAPA 1

Se trabajó con almidón seco de maíz morado, extraído por el método de molienda húmeda, y posteriormente secado a 50 °C, hasta peso constante con humedad inferior a 11% y conservado a 12 °C.

La preparación del jarabe empleando el almidón de maíz morado *Zea mays* L., se obtuvo un hidrolizado de almidón de maíz morado jarabe rico en glucosa.

Se obtuvo los siguientes resultados en esta etapa:

Se determinó la temperatura y el tiempo de cocción del almidón de maíz morado *Zea mays* L. Para ello se trabajó a una temperatura de 38 °C, 65 °C y 90 °C, (TABLA N° f.1, TABLA N° f.2, TABLA N° f.3, TABLA N° f.4, TABLA N° f.5, y TABLA N° f.6).

Obteniendo en un tiempo de 2.16 horas a 65 °C con un 30% de almidón, género un 4.0% de glucosa, y 4.7% empleando alfa amilasa, y Ácido Clorhídrico al 1%, respectivamente, tal como se indica en las tablas y graficas siguientes:

TABLA N° f.1

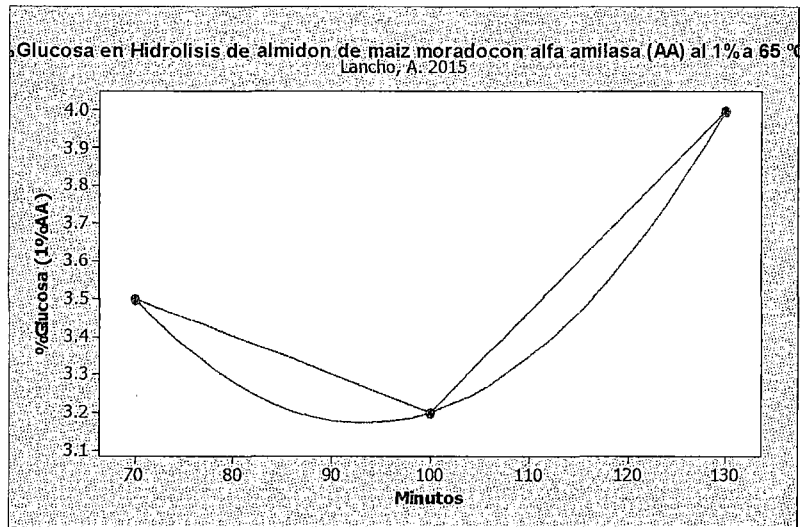
% DE GLUCOSA HIDROLISIS A 65 °C y 30 % DE ALMIDÓN MAÍZ MORADO

Tiempo en minutos	% de Glucosa Al 1% de Alfa Amilasa	% de Glucosa Al 1% de HCl
70	3.5	3.4
100	3.2	3.8
130	4.0	4.7

Fuente: Elaboración propia -2015

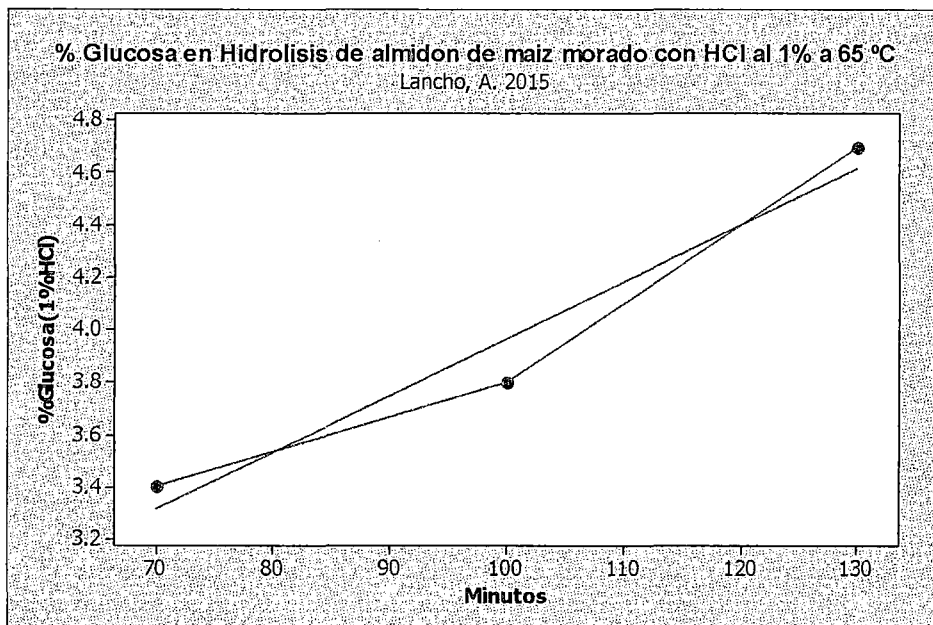


Grafica f.1



Fuente: Elaboración propia -2015

Grafica f.2



Fuente: Elaboración propia- 2015

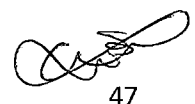


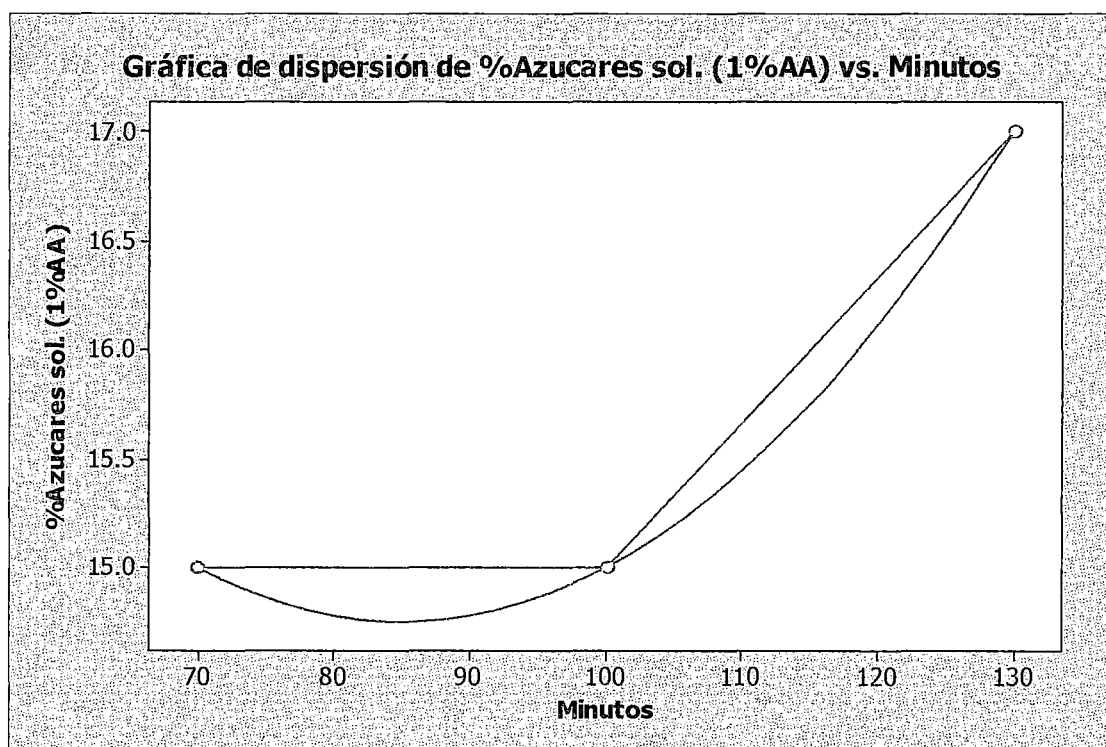
TABLA N° f.2

% DE AZUCARES SOLUBLES EN HIDROLISIS A 65 °C y 30 % DE ALMIDÓN MAÍZ MORADO

Tiempo en minutos	% de Azucares Solubles, al 1% de Alfa Amilasa	% de Azucares Solubles, al 1% de HCl
70	15	No detectable
100	15	No detectable
130	17	No detectable

Fuente: Elaboración propia -2015

Grafica f.3



Fuente: Elaboración propia -2015

Se trabajó a un tiempo de cocción menor a ocho horas a 90° C y con las concentraciones de 1% de ácido clorhídrico y 1% de α -amilasa por litro de almidón al 30%, jarabe glucosado de calidad. A razón que en un tiempo mayor la hidrolisis con HCl al 1%, presento la degradación del producto. Tal como se indica en la tabla y graficas siguientes:

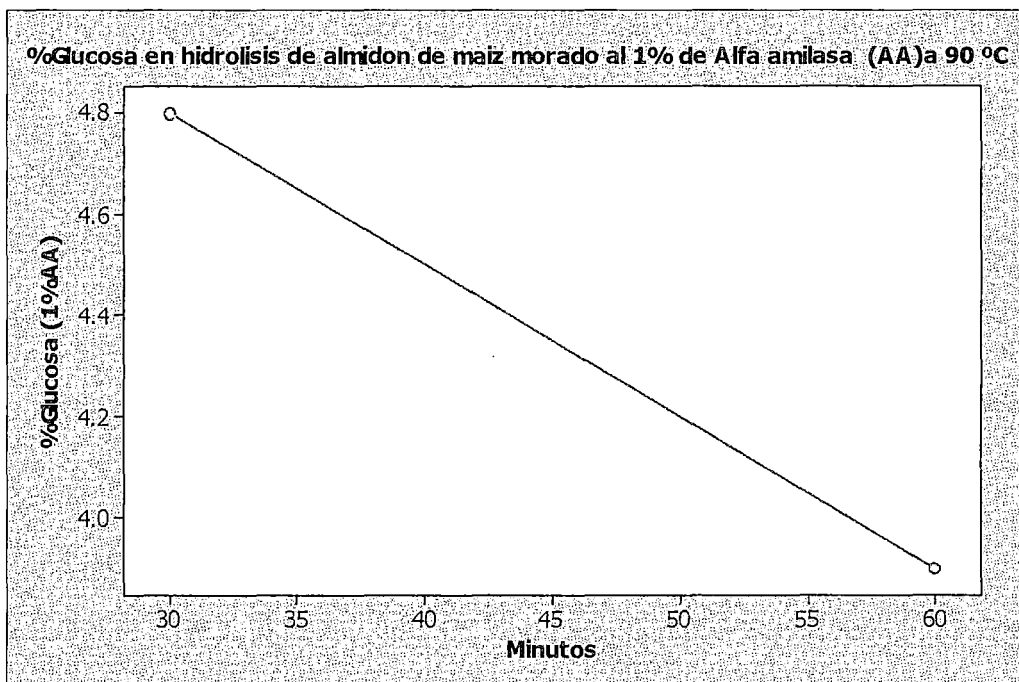
TABLA N° f.3

% DE GLUCOSA HIDROLISIS A 90 °C y 30 % DE ALMIDÓN MAÍZ MORADO

Tiempo en minutos	% de Glucosa Al 1% de Alfa Amilasa	% de Glucosa Al 1% de HCl
30	4.8	4.3
60	3.9	4.7

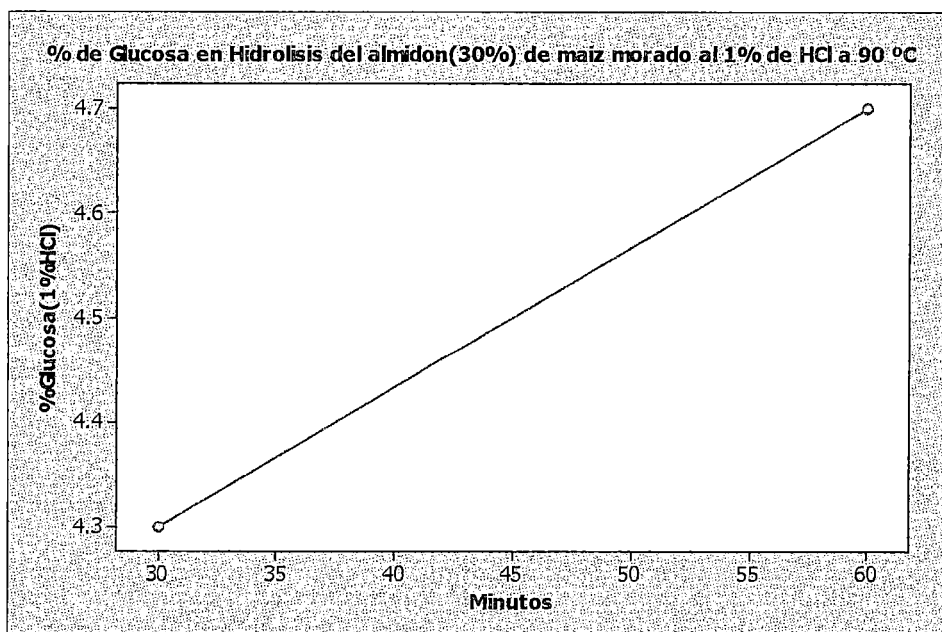
Fuente: Elaboración propia -2015

Grafica f.4



Fuente: Elaboración propia

Grafica f.5



Fuente: Elaboración propia

ETAPA 2

Se determinó los azúcares reductores en los jarabes por el método de Fehling (gravimétrico), cuantificando el % de Glucosa obtenido y azúcares soluble, tal como se indica en la tabla y graficas siguientes:

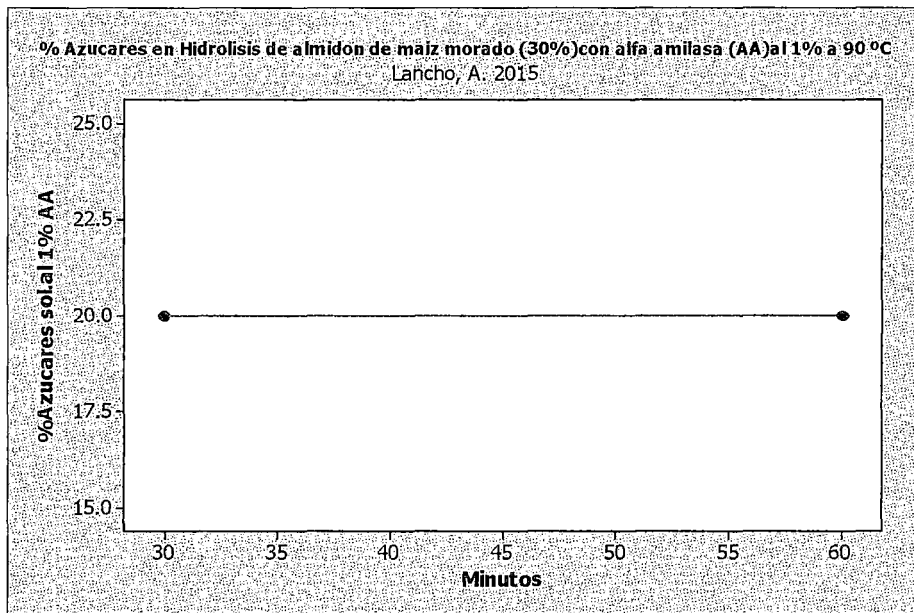
TABLA N° f.4

% DE AZUCARES SOLUBLES EN HIDROLISIS A 90 °C y 30 % DE ALMIDÓN MAÍZ MORADO

Tiempo en minutos	% de Azúcares solubles Al 1% de Alfa Amilasa	% de Azúcares solubles Al 1% de HCl
30	20	14
60	20	6

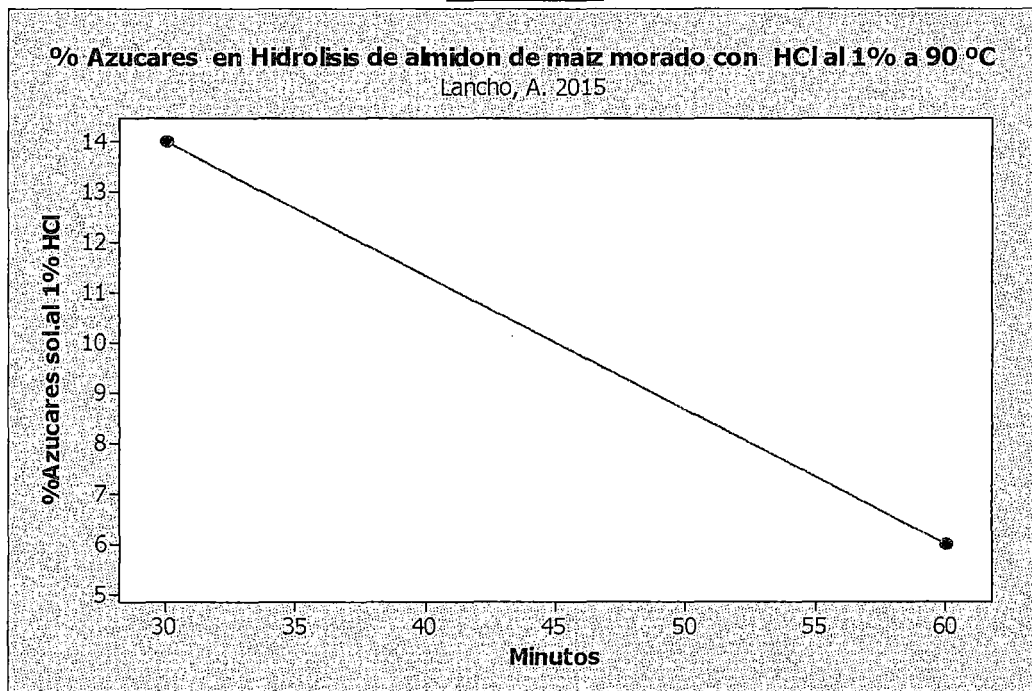
Fuente: Elaboración propia – 2015

Grafica f.6



Fuente: Elaboración propia – 2015

Grafica f.7



Fuente: Elaboración propia – 2015

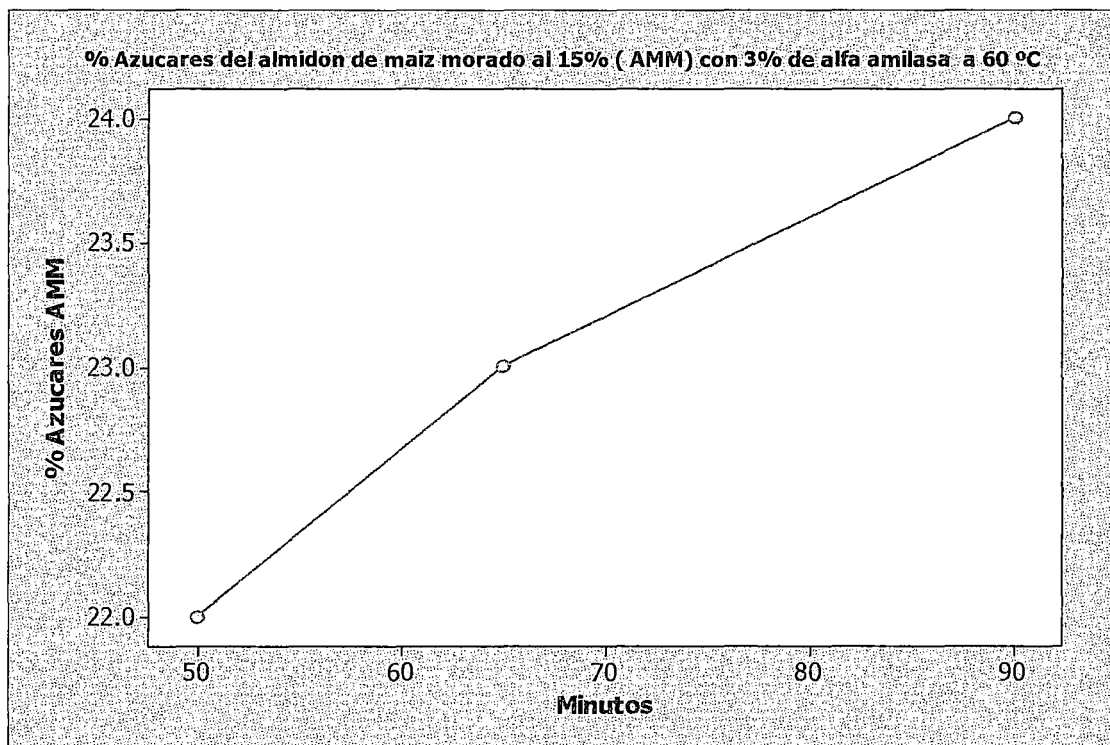
TABLA N° f.5

% DE AZUCARES SOLUBLES EN HIDROLISIS A 60 °C y 15 % DE ALMIDÓN MAÍZ MORADO Y MAICENA CON 3% DE ALFA AMILASA

Almidón al 15%	50 minutos	65 minutos	90 minutos
Almidón de maíz morado	22% AS	23% AS	24.0% AS
Maicena	19% AS	19% AS	20% AS

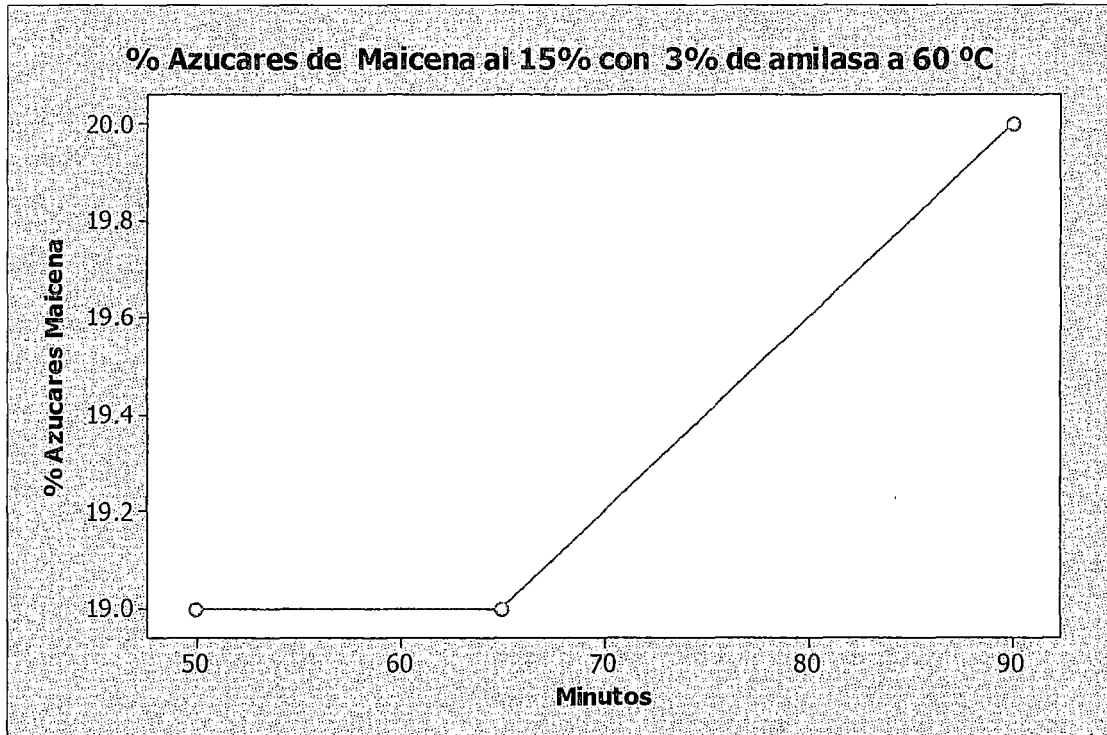
Fuente: Elaboración propia -2015

Grafica f.8



Fuente: Elaboración propia – 2015

Grafica f.9



Fuente: Elaboración propia – 2015

TABLA N° f.6

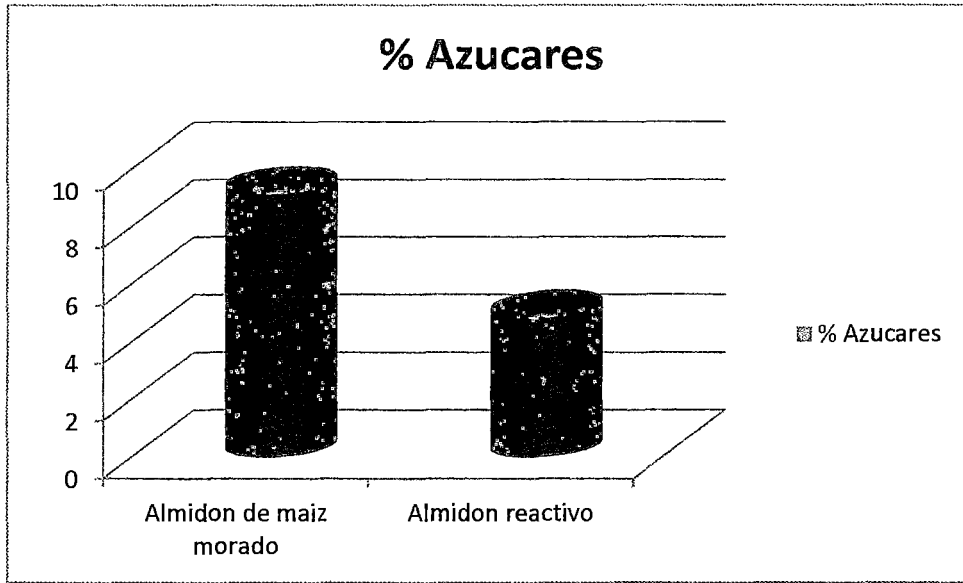
% DE AZUCARES SOLUBLES EN HIDROLISIS A 38 °C y 15 % DE ALMIDÓN MAÍZ MORADO Y ALMIDÓN REACTIVO CON 4% DE ALFA AMILASA POR 48 HORAS

Almidón al 15%	% AS
Almidón de maíz morado	9.2
Almidón Reactivo	4.9

Fuente: Elaboración propia -2015

Grafica f.10

% DE AZUCARES SOLUBLES EN HIDROLISIS A 38 °C y 15 % DE ALMIDÓN MAÍZ MORADO Y ALMIDÓN REACTIVO CON 4% DE ALFA AMILASA POR 48 HORAS



Elaboración propia- 2015

g) DISCUSIÓN

Se efectuó varios estudios, debido a la variación de los indicadores, de esta investigación debida en gran parte a las condiciones de los materiales de trabajo, equipos y las condiciones de trabajo en Los Laboratorios de la F.I.P.A., así mismo el traslado de las muestras a los Laboratorios de la UNMSM. También hay variación del almidón por ser una fuente natural en la que hay poca referencia de la evaluación del carbohidrato, a razón que esta variedad de maíz es aprovechada y valorada por las propiedades nutriceúticas de las antocianinas, presente en la coronta principalmente.

Se trabajó a un tiempo de cocción menor a ocho horas a 90° C y con las concentraciones de 1% de ácido clorhídrico y 1% de α -amilasa por litro de almidón al 30%, jarabe glucosado de calidad.

Pero falta estandarizar la metodología a una concentración menor de Ácido Clorhídrico, si es que el producto de la hidrólisis del almidón se considerara para la producción de etanol. Por lo expuesto falta estandarizar la metodología a una concentración menor de Ácido Clorhídrico. Sin embargo la hidrolisis con alfa amilasa, resulto favorable, tal como se indica en la tabla 6.5 y la gráfica 6.8. Con un resultado de 24 % de azúcares solubles, a una concentración de almidón de maíz morado del 15%, y a una temperatura de 60 °C.

Tal como menciona, (ESQUIVEL, V. y GOMEZ, G., 2007,), El jarabe de maíz alto en fructosa es elaborado a partir de almidón de maíz, el cual es hidrolizado enzimáticamente hasta obtener moléculas de glucosa libre, que son posteriormente convertidas en moléculas de fructosa por medio de la enzima glucosa isomerasa. El jarabe de maíz alto en fructosa se clasifica de acuerdo con el contenido de fructosa en la mezcla (42%, 55% ó 100%). Es una alternativa la obtención de azúcares solubles y glucosa, a partir del maíz morado. Pero la aplicación en la industria se debe enfocar a el uso de la glucosa, por ello desde un inicio del proyecto se planteó obtener un jarabe glucosado, y para aplicarlo en la conversión de glucosa a fructosa para consumo humano para consumo diario, debe prevenirse al consumidor de los riesgos del consumo intensivo de este azúcar, a razón de la obesidad y los problemas cardiovasculares que atentan con la salud pública.



h) REFERENCIALES

ADEX. (23 de Junio de 2015). La exportación de maíz creció 30% en enero. (<http://gestion.pe/noticia/259530/exportacion-maiz-crecio-30-enero>, Ed.) GESTIÓN, el diario de Economía y negocios del Perú, págs. 17-22.

Areizaga, J., Cortázar, M., & Elorza, J. y. (2002). POLÍMEROS. Madrid: Editorial Síntesis. .

Areizaga, J.; Cortázar, M.M.; Elorza, J.M. y Iruin, J.J. (2002). POLÍMEROS (Primera Edición ed.). Madrid: Editorial Síntesis.

Badui Dergal, S. (2006). QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS. México: Pearson. Cuarta Edición.

Belitz H.-D., G. y. (2009). Química de los Alimentos. Zaragoza (España): Editorial Acribia, S.A.

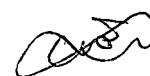
Blanco de Alvarado-Ortiz, T. (2011). ALIMENTACION Y NUTRICION. FUNDAMENTOS Y NUEVOS CRITERIOS. . Lima - Peru: Universidad de Ciencias Aplicadas.

Bravo Martinez, F. (2013). El Manejo Higienico de los Alimentos. Mexico: Editorial Limusa.

Carhuapoma Yance M. y Lopez Guerra S. (2008). MAIZ MORADO - MOLECULAS BIOACTIVAS ANTIOXIDANTES Y ANTICANCERIGENAS. Lima - PERU: Centro de Produccion Editorial e Imprenta de la UNMSM.

Carhuapoma Yance, Mario y Lopez Guerra, Sofia. (2008). Maiz Morado: Moleculas Bioactivas Antioxidantes y anticancerigenas. Lima, Peru: Centro de Produccion Editrial Imprenta de la UNMSM.

Charley, H. (1995). Tecnologia de Alimentos. Mexico: Limusa.



Colina Irezabal, M. (2010). Deshidratación de Alimentos. México: Editorial Trillas.

Crueger, W. y Crueger, A. (1993). Biotecnología Manual de Microbiología Industrial. Zaragoza - España: Editorial Acribia, S.A.

Cultural. (2004). Nueva Enciclopedia Interactiva Estudiantil - Siglo XXI. Madrid - España: CULTURAL, S.A.

Duran, E. (1996). Envejecimiento del pan. efectos de los constituyentes panarios y sus interacciones sobre las modificaciones del pan durante el almacenamiento. Valencia.

Fennema, O. (1993). Química de los Alimentos. Zaragoza - España: Editorial ACRIBIA, S.A.

Geankopolis, C. (2009). Procesos e Transporte y Principios de Proceso de Separación (Cuarta Edición ed.). México: Grupo Editorial Patria.

Grosso, A. (1964). Técnica de Elaboración Moderna de Confituras. Buenos Aires: Refinerías del Maíz S.A.I.C.

Jeanette R., C. T. (2007). Ciencia de los Alimentos - Volumen 2 . Zaragoza (España): Editorial Acribia S.A.

Jeanette R., Croguennec T., Schuck P. y Brule G. (2006). CIENCIA DE LOS ALIMENTOS. ESTABILIZACIÓN BIOLÓGICA Y FÍSICOQUÍMICA. Volumen1. Zaragoza: Editorial Acribia.

Lancho, A. C. (2009). Extracción y caracterización fisicoquímica del almidón del maíz morado Zea mays L. Universidad Nacional del Callao, Lima. Callao: CDTTE.



Lancho, A. C. (2009). Extracción y caracterización fisicoquímica del almidón del maíz morado *Zea mays* L. Lima: Universidad Nacional del Callao.

Linden, G. y. (1994). BIOQUÍMICA AGROINDUSTRIAL. Zaragoza: España: Editorial Acribia, S.A.

Manrique, A. (1997). El Maíz en el Perú (Segunda ed.). Lima, Perú: CONCYTEC.

Mayolo, S. A. (1981). Nutrición del Antiguo Perú. Lima - Perú: Banco Central de Reserva del Perú.

Melendez, M. y.-f. (1988). Obtención de alcohol etílico a partir de maíz amiláceo por sacarificación enzimática – fúngica. Tesis para optar el título de Ingeniero Químico, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química.

Moos, V. (21 de Febrero de 2013). Cáncer. Vg. Recuperado el 16 de Abril de 2013, de <http://cancer.vg/es/maiz-morado#sthash.r5j0hfFm.dpuf>

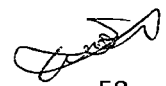
Nelson, D., & Cox, M. (2001). LEHNINGER PRINCIPIOS DE BIOQUÍMICA. Barcelona: Ediciones OMEGA .Tercera Edición.

Nielsen, S. (2003). ANÁLISIS DE LOS ALIMENTOS. (Segunda ed.). Zaragoza: España: Editorial Acribia, S.A.

Pérez, Y. (10 de Noviembre de 2014). <https://eldietista.es/articulos/nutricion/almidon-resistente.php>.

Pokorny J., Y. N. (2005). ANTIOXIDANTES EN LOS ALIMENTOS. Zaragoza: Editorial Acribia. Segunda Edición.

Potter, N. (1973). La Ciencia de los Alimentos. México: EDUTEX, S.A.



Quaglia, G. (1991). Ciencia y Tecnología de la Panificación. Zaragoza (España): Editorial Acribia S.A.

Rubinson, J. F y Rubinson K.A. (2000). Química Analítica Contemporánea. Mexico, Peru y otros: Pearson Educacion.

Sabatier, J. (07 de Abril de 2005.). Curso Internacional: BIOPOLÍMEROS : APLICACIONES INDUSTRIALES Y MEDICO-FARMACÉUTICAS. BIOPOLÍMEROS: APLICACIONES INDUSTRIALES Y MEDICO-FARMACÉUTICAS. Lima, Lima, Peru: Facultad de Química e Ingeniería Química.UNMSM.

Stryer L., Berg J.M. y Tymoczko J.L. (2013). BIOQUÍMICA. Barcelona: Editorial Reverte.

UNISON. (2012). Nuevas Tendencias en Ciencia y Tecnología de Alimentos- Topicos Selectos. Mexico: Editorial Trillas.

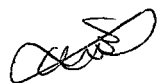
Urbina, O. y Ramos, R. (1987). Primer Seminario Internacional de Tecnología Confitera. Lima - Peru: Golosinas Peruanas S.A.

Wheat Flour Institute. (1964). Chicago- Illinois.



PAGINAS WEB CONSULTADAS

- (http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442008000500011&script=sci_arttext). (s.f.).
- <http://biologia.laguia2000.com/bioquimica/disacridos>. (s.f.).
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Almid%C3%B3n>. (s.f.).
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Almid%C3%B3n>. (s.f.).
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Amilasa>. (s.f.).
- http://es.wikipedia.org/wiki/Jarabe_de_ma%C3%ADz. (s.f.).
- http://es.wikipedia.org/wiki/Ma%C3%ADz_morado. (s.f.).
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Monosac%C3%A1rido>. (s.f.).
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Polisac%C3%A1rido>. (s.f.).
- <http://html.rincondelvago.com/hidrolisis-enzimatica-de-un-polisacarido-vegetal.html>. (s.f.).
- http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmacenticas/schmidth02/parte07/01.html. (s.f.).
- <http://quimicoglobal.mx/usos-del-almidon-proveedor-de-materias-primas-para-industria-alimenticia/>. (s.f.).
- <http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2bachillerato/biomol/contenidos6.htm>. (s.f.).
- <http://www.andina.com.pe/espanol/Noticia.aspx?id=fuM1ovVXJok=>. (s.f.).
- <http://www.clubdarwin.net/seccion/ingredientes/jarabe-de-maiz-de-alta-fructosa-usos-y-ventajas>. (s.f.).
- <http://www.cotecnanutricion.com/extrusion.htm>. (s.f.).
- <http://www.ecured.cu/index.php/Almid%C3%B3n>. (s.f.).
- <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s08.htm>. (s.f.).



<http://www.plantasparacurar.com/almidon/>. (s.f.).

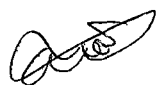
<http://www.qsindustrial.biz/es/experiencias/peru/almidon-modificado-origen-y-aplicaciones>. (s.f.).

<http://www.revistaalimentos.com.co/ediciones/edicion5/ingredientes-5/la-magia-de-los-jarabez-de-maiz.htm>. (s.f.).

http://www.ultimate-stack.es/index.php?option=com_content&view=article&id=363:tritargo-almidon-hidrolizado&catid=36:articulos-de-mintxo-lasaosa. (s.f.).

http://www.ultimate-stack.es/index.php?option=com_content&view=article&id=363:tritargo-almidon-hidrolizado&catid=36:articulos-de-mintxo-lasaosa. (s.f.).

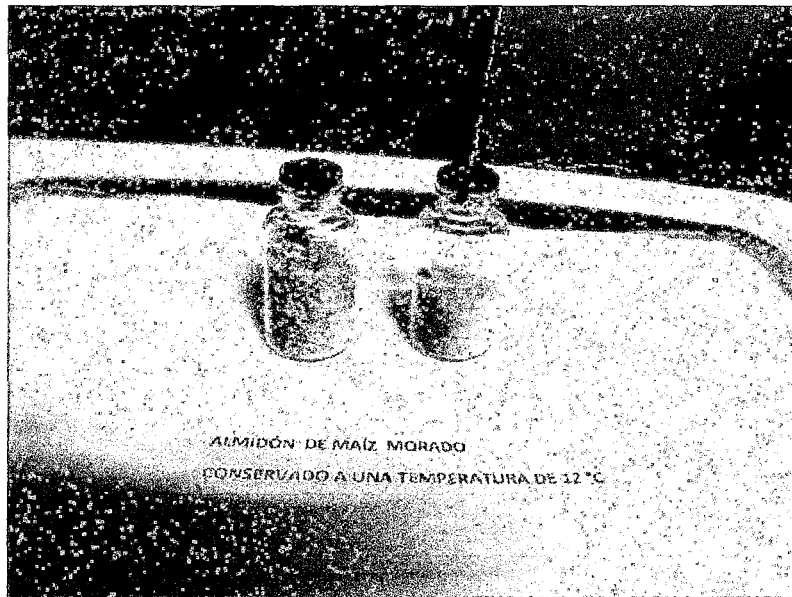
INIA. (s.f.). <http://www.inia.gob.pe/SIT/consPR/adjuntos/2131.pdf>.
Recuperado el 2011



i) APÉNDICES

FIGURA Nº i.1

ALMIDÓN DE MAÍZ MORADO PARA LA HIDROLISIS CON HCL Y ALFA
AMILASA.



Fuente: Elaboración Propia-2015

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke.

FIGURA N° i.2
JARABE DE ALMIDÓN



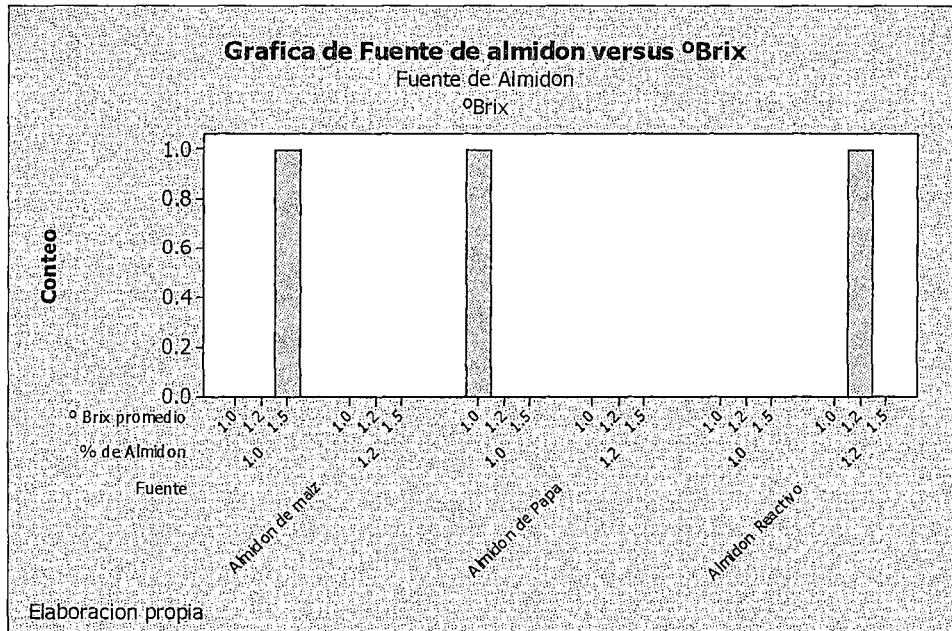
Fuente: Elaboración Propia-2015

Primero Jarabe de almidón con antocianinas (color morado rojizo, hidrolizado con HCl al 10% y a 90 °C), en el centro el almidón de maíz morado gelificado, sin antocianinas (se le aplico el calentamiento a 90°C sin HCl gelificando el almidón a 63 °C, no hubo hidrolisis química) y el tercer vaso contiene el almidón sin antocianinas hidrolizado con HCl al 10%).

A handwritten signature in black ink, located in the bottom right corner of the page.

GRAFICA N° i.1

HIDROLISIS DE ALMIDÓN DE MAÍZ, PAPA Y REACTIVO



ETAPA 2

La calidad del Jarabe de Almidón del maíz morado *Zea mays L.* se estudia obteniendo los gramos de glucosa.

Se efectúa las pruebas preliminares indicadas en el Anexo 1, con la finalidad de estudiar la degradación del almidón con el ácido clorhídrico a concentraciones menores de HCl. Para el almidón de papa blanca y almidón de maíz morado se trabajó a 0.36% de HCl a una temperatura de 90 °C. y para el almidón reactivo a 0.067% de Ácido Clorhídrico.

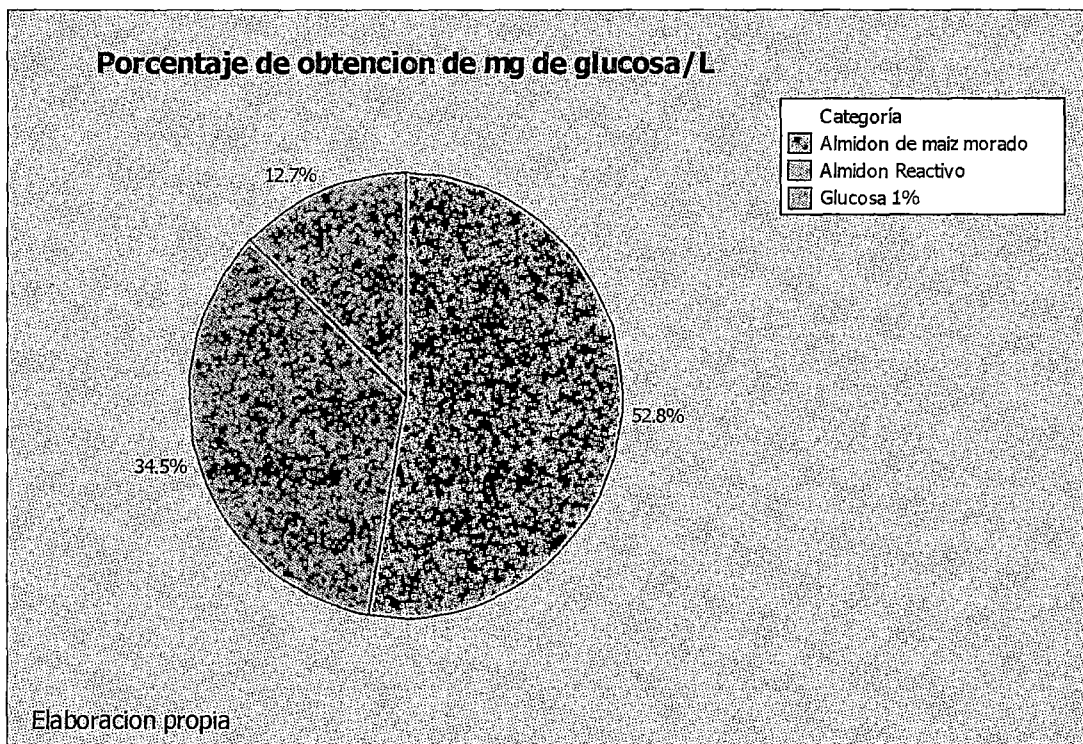
Retiro el resultado del Almidón proveniente de la papa blanca, porque no se tuvo glucosa. Debido a la presencia de mayor proporción de amilopectina, que podría estar retardando la degradación del almidón, siendo necesario

mayor concentración del agente hidrolizante. Siendo diferente para el Almidón reactivo y almidón del maíz morado. Por lo que se considerara:

<u>Fuente</u>	<u>%de Almidón</u>	<u>%HCl</u>	<u>°Brix promedio</u>	<u>mg glucosa/L</u>
Almidón de maíz morado	1	0.36	1.5	3.28
Almidón Reactivo	2	0.07	1.2	2.14
Glucosa 1%	0	0.00	1.0	0.79

FIGURA Nº i.3

% DE OBTENCIÓN DE GLUCOSA



Fuente Elaboración propia-2015

FIGURA N° i.4

ENZIMA PROPORCIONADA POR GRANOTEC ALFA AMILASA



FIGURA N° i.5

Muestras de jarabe de almidón de maíz morado para determinar % Azucres y pH

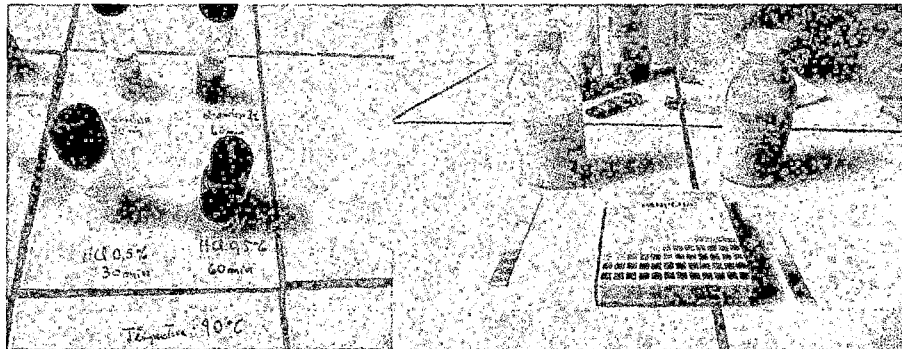
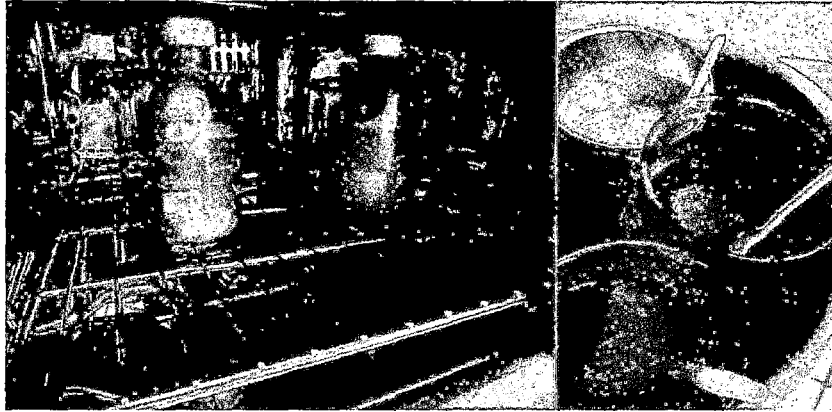


FIGURA N° i.6

Muestras de Jarabe de almidón de maíz morado



j) ANEXOS.

PRUEBA DE LABORATORIO COMPARANDO ALMIDÓN DE MAÍZ MORADO CON EL ALMIDÓN DE OTRAS FUENTES NATURALES:

1. Se trabajó con el almidón del maíz morado, de acuerdo al proceso de extracción indicado. Conservado a una temperatura de 12 °C. Se preparó suspensiones de almidón de Maíz morado, Almidón Reactivo, y Almidón de papa blanca en los siguientes porcentajes:

<u>Fuente</u>	<u>% de Almidón</u>
Almidón de Papa	1.0
Almidón de maíz morado	1.0
Almidón Reactivo	1.2

2. Dichas suspensiones se diluyeron en soluciones de Ácido Clorhídrico que corresponden a los siguientes porcentajes:

<u>Fuente</u>	<u>%HCl</u>
Almidón de Papa	0.36%
Almidón de maíz morado	0.36%
Almidón Reactivo	0.07%

3. Posteriormente se efectuó la hidrolisis química del almidón, solubilizando e hidrolizando el almidón de diferente origen a una temperatura de 90 °C. Por un tiempo de 30 minutos. Obteniendo los siguientes °Brix:

<u>Fuente</u>	<u>° Brix promedio</u>
Almidón de Papa	1.0
Almidón de maíz morado	1.5



Almidón Reactivo

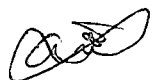
1.2

4. Se preparó suspensiones de almidón de Maíz morado, Almidón Reactivo, y Almidón de papa blanca en los siguientes porcentajes:

<u>Tipo de Almidón</u> <u>(Maíz Morado)</u>	<u>%Almidón en</u> <u>Maíz Morado</u>	<u>Solvente</u>
Sin Antocianinas	5	Agua Destilada
Sin Antocianinas	5	HCl al 10%
Con Antocianinas	5	HCl al 10%

5. Se llevó a 90 °C por una hora obteniéndose los siguientes °Brix promedios correspondiendo a una cantidad de sólidos solubles, indicando la degradación del almidón. Esta etapa se ha proyectado la degradación del almidón a una alta concentración de Acido (HCl al 10%).

<u>Tipo de Almidón</u> <u>de Maíz Morado</u>	<u>Solvente</u>	<u>°Brix (promedio)</u>
Sin Antocianinas	Agua Destilada	5.1
Sin Antocianinas	HCl al 10%	15.7
Con Antocianinas	HCl al 10%	14.0



Estadísticas descriptivas: °Brix

Variable	Tipo de Almidón	N	N*	Media del			Mínimo	Q1
				Media	estándar	Desv.Est.		
°Brix	Con Antocianinas	1	0	14.000	*	* 14.000	*	
	Sin Antocianinas	2	0	10.40	5.30	7.50	5.10 *	

Variable	Tipo de Almidón	Mediana	Q3	Máximo
	Sin Antocianinas	10.40	*	15.70

Se trabajó en el laboratorio de Ciencias Biológicas de la UNMSM, para la evaluación de la parte metodológica para la hidrólisis enzimática evaluando a una concentración menor que la planteada a razón que se aplica mejor el estudio de la hidrólisis enzimática del almidón, aplicando la enzima alfa amilasa.

