

Diseño de un proceso de producción industrial de almidón a partir de mashua (*Tropaeolum tuberosum*)

(Design of a process of industrial production of starch from mashua (*Tropaeolum tuberosum*))

Paulina Robalino¹, Susana Heredia¹, Gabriela Chango², Linda Flores³, Karina Salazar⁴, Hannibal Brito^{5*}

(1) Docente Investigador Facultad de Salud Pública

(2) Docente Investigador Facultad de Mecánica

(3) Docente Investigador Facultad de Ciencias Pecuarias

(4) Docente Investigador Facultad de Ciencias

(5) Docente Investigador Grupo de Investigación Ambiental y Desarrollo de la ESPOCH

*Correspondencia: hbrito@esPOCH.edu.ec (Hannibal Brito)

RESUMEN

INTRODUCCION: La mashua es un producto andino, tiene diferentes nutrientes como carbohidratos, proteína, vitaminas B y C; minerales como el potasio, magnesio y hierro indispensables para el ser humano, por su contenido de fibra favorece la digestión **OBJETIVO:** Diseñar un proceso de producción industrial de almidón a partir de la mashua. **METODOLOGÍA:** El diseño de la planta de producción de almidón para Mashua, fue efectuada mediante la determinación de: la temperatura de secado, velocidad de sedimentación, tiempo de licuado, sedimentación y residencia, granulometría, revoluciones por minuto, para lo cual, se procedió con el lavado, pelado y licuado de la materia prima, este producto se dejó en reposo para que sedimenten los sólidos suspendidos, mismos que se separaron del líquido y se secaron hasta llegar a la humedad establecida en la norma, luego se redujo el tamaño y se efectuó el análisis físico químico en base a la norma para la extracción de almidón de yuca (no existe una para la Mashua). **RESULTADOS:** Los parámetros analizados se encuentran dentro de los estándares de referencia utilizada, es decir, apto para el consumo humano. Luego de definir las variables se dimensionó el proceso (Recepción, clasificación, pesado, limpieza y pelado, pesado, licuado, sedimentado, separación, secado, reducción de tamaño y tamizado) determinando además que a partir de 58 Kg de materia prima se obtiene 1 Kg de almidón en un lapso de 5 horas con un rendimiento del 1.72 %, el costo por Kg es de 30 centavos, siendo viable para su ejecución. **CONCLUSION:** Finalizado el proceso de obtención de almidón en el laboratorio se realizaron los análisis establecidos en la Guía Técnica para el Análisis y Obtención de Almidón de la FAO, los mismos que cumplieron con los estándares establecidos.

Palabras clave: Alimentos, Almidón, Proceso, Mashua, Tubérculos

ABSTRACT

INTRODUCTION: Mashua is an Andean product, it has different nutrients such as carbohydrates, protein, vitamins B and C; minerals such as potassium, magnesium and iron essential for human beings, because of its fiber content favors digestion **OBJECTIVE:** Design a process of industrial production of starch from the mashua. **METHODOLOGY:** The design of the starch production plant for Mashua, was carried out by determining: drying temperature, sedimentation rate, liquefying time, sedimentation and residence, granulometry, revolutions per minute, for which, proceeded with the washing, peeling and liquefied of the raw material, this product was left at rest to settle the suspended solids, which were separated from the liquid and dried to reach the humidity established in the standard, then the size was reduced and the physical and chemical analysis was carried out based on the standard for the extraction of cassava starch (there is no one for Mashua). **RESULTS:** The parameters analyzed are within the reference standards used, that is, suitable for human consumption. After defining the variables, the process was dimensioned (Reception, classification, weighing, cleaning and peeling, weighing, liquefying, sedimentation, separation, drying, size reduction and sieving), determining also that from 58 Kg of raw material we obtain 1 Kg of starch in a lapse of 5 hours with a yield of 1.72%, the cost per Kg is 30 cents, being viable for its execution. **CONCLUSION:** Once the process of obtaining starch in the laboratory was completed, the analyzes established in the Technical Guide for the Analysis and Obtaining of Starch from FAO were carried out, which met the established standards.

Keywords: Food, Starch, Process, Mashua, Tubers

1. Introducción

En la actualidad el cambio climático es un factor que incide en la producción agrícola (1), así como el monocultivo (2) de especies conocidas como el trigo o la cebada (3) que son productos altamente demandados en el mercado nacional (4), pero no tiene la suficiente producción (5) para cubrir el mismo, dando como resultados importaciones a precios elevados (5).

De acuerdo a la información existente donde se menciona la escasez de trigo y cebada (6), esto repercute en gran magnitud en la producción inclusive generando una demanda insatisfecha en la industria alimenticia (6), además de incidir en las importaciones e incremento en su precio afectando de forma directa a la población especialmente a personas del estrato de bajos recursos económicos (5).

Por lo expuesto se analizaron varios productos (9) que pueden tener las mismas o mejores características (7) que el trigo o cebada, además de lograr una buena aceptación en el mercado (9). Un potencial alimento y de fácil cultivo es la Mashua (8), rica en hidratos de carbono (7), fibra, proteínas y pobre en grasa, ayuda a la digestión, aporta vitaminas B y C (9), además de minerales como: potasio, magnesio y hierro (8).

Considerando la viabilidad de las propiedades y características (9) que ofrece la Mashua y por otro lado, que su cultivo se adapta a diferentes pisos altitudinales y crece en una variada gama de condiciones tropicales, es decir, que puede producirse bajo condiciones desfavorables y climas marginales, se realizó la propuesta para el aprovechamiento de esta materia prima para cubrir en parte la demanda del mercado insatisfecho (17), para lo cual, se planteó con el apoyo de estudios y pruebas de laboratorio (10) una alternativa viable para la obtención del almidón de Mashua por vía húmeda (11) a nivel industrial como un método de elaboración (12) muy fácil y que favorece su conservación.

El proceso de elaboración de almidón a nivel industrial se enfoca en la determinación de los parámetros de diseño como son: la temperatura de secado (13) de 60 °C, misma que afecta las

propiedades físicas químicas y termodinámicas del almidón, con este valor se verifica que sus parámetros cumplen con la norma para la obtención de almidón (14).

La producción experimental (Laboratorio) de almidón (23) a partir de Mashua (15) se inició con la recepción de materia prima, misma que fue seleccionada de acuerdo a lo establecido en la norma, luego se procedió a lavar con abundante agua para eliminar impurezas, se retira toda la corteza porque en ella aún existen restos de material inorgánico que puede afectar el proceso, luego se pesa el total de Mashua pelada (2 Kg), luego se adiciona 1 L de agua y se licuó en una licuadora industrial (16) por 5 min hasta obtener una pasta homogénea (17), se procede con la eliminación de las impurezas en un filtro de textil (17) para eliminar los restos de bagazo (565 g), el líquido filtrado (2,25 L), se deja en reposo (1 h) para que los sólidos suspendidos puedan sedimentarse (1750 g), después se elimina el material que se encuentra sobrenadando.

La cantidad de sólidos sedimentados se sometieron a un proceso de secado a una temperatura establecida de 60 °C por un tiempo aproximado de 3h para eliminar la humedad (13) hasta que se mantenga constante su peso, luego se utilizó un molino de bolas para reducir el tamaño por 30 min, después se ubica en una cascada de tamices (16) para determinar si su granulometría cumple con las características de tamaño establecidas (18), siendo su peso de 227 g con una luz de malla de 38 μ m (16), posteriormente se empaqueta en fundas plásticas herméticas para que no absorba la humedad del ambiente. A continuación, y luego de determinar las variables se diseña el proceso de obtención de almidón a nivel industrial para una alimentación de 100 Kg/h a una temperatura de secado (13) de 60 °C, por un lapso de 5 horas, obteniendo 58,07 Kg de almidón de Mashua con una humedad = 4 %, producto que cumple con los estándares de calidad para el consumo humano.

2. Métodos

La obtención de almidón de Mashua tiene las siguientes fases:

2.1 Recepción de la materia prima

La Mashua, materia prima usada para la realización del proyecto fue adquirida en el mercado mayorista "San Pedro" de la ciudad de Riobamba misma que será transportada al Laboratorio de Procesos Industriales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para su posterior tratamiento se debe almacenarla en lugares secos sin presencia de humedad.

2.2 Clasificación

Esta parte del proceso es clave para la calidad que debe tener el producto final por lo que se clasificó la materia prima mediante un control visual eliminando aquellas que no estaban sanas, tenían materia extraña visible, sin germinar, malos olores, manchas y mohos de acuerdo a la norma NTE INEN 1831: 2012 de la oca por su gran parecido, realizando este proceso en una mesa de acero. La materia prima que no cumple con estas características se separa del proceso de producción para tratamiento posterior o para su uso en otro proceso de producción.

2.3 Pesada materia prima

Se pesó la materia prima que estuvo apta usando balanza mecánica previa a su ingreso en las operaciones de producción.

2.4 Limpieza y pelado

Se procedió a lavar la materia prima con abundante agua para eliminar la tierra e impurezas, luego se elimina la corteza pelándola debido a que aun después del lavado contiene un porcentaje de residuos, posteriormente se lavó nuevamente con agua para eliminar todas las impurezas de tierra que posee.

2.5 Pesado sin corteza

Una vez quitada la corteza se pesó nuevamente la Mashua pelada utilizando una balanza mecánica para saber la cantidad que se generara de residuos.

2.6 Licuado

Esta operación consistió en aumentar la superficie de contacto de la Mashua pelada, por lo que se licua por un determinado tiempo con un vo-

lumen de agua determinado la cantidad de Mashua previamente pesada obteniendo una pasta homogénea.

2.7 Filtración

En esta etapa se separa el almidón de la celulosa usando un equipo filtrante, después de esto se conserva todo el sobrenadante y se desecha los residuos que se generan.

2.8 Sedimentación y decantado

Se dejó en reposo durante 24 horas para que el almidón sedimente y se separe del agua, luego de lo cual se eliminó toda el agua superficial.

2.9 Secado

Para eliminar el agua retenida en el almidón se procedió a secar durante 3 horas a 60°C en horno con flujo de aire provisto de bandejas con una separación adecuada.

2.10 Molido

Tras el secado las partículas de almidón se aglutinan por lo que es necesario realizar un proceso de molienda para separar dichas partículas hasta que cumpla con las características granulométricas deseadas que en este caso con una luz de malla de 38 micrones.

2.11 Pesado

Una vez que se obtuvo el almidón seco se procedió a pesar para obtener el rendimiento obtenido de la papa china.

2.12 Envasado

El llenado que se realiza es de tipo manual a temperatura ambiente, logrando que el envase alcance la totalidad de llenado, se utiliza fundas ziploc los que no permitirán el ingreso de humedad en el empaque por su cierre hermético.

Variables y parámetros del proceso para la obtención del almidón de Mashua

Las variables y parámetros que connotaron para el desarrollo del proceso planteado en este proyecto, que a la vez inciden de una manera directa sobre el mismo son los siguientes: tem-

No.	Requisitos	Unidad	Método de ensayo	Rango Estándar	Resultados del laboratorio
1	Granulometría	%	ISI ,1999	99 % de pasante a través de la malla N° 100	99.70
2	Contenido de materia seca	%	ICONTEC, 2002	87 – 90	68.6
3	Pulpa	% de peso	GRACE,1997	No debe exceder 0,3	0.1
4	Densidad Aparente	g/mL	SMITH, 1967	Promedio de 1.560	1.55
5	Viscosidad	cP	ISI, 2002	840 – 1500	3752
6	Temperatura de gelatinización	°C	GRACE,1997	57.5 – 70	74
7	Claridad de la pasta	% de transmitancia	CRAIG, 1989	12.5 – 95	97.3
8	Acidez titulable	meq de ácido láctico/g de almidón	ISI, 1999	2.2×10^{-3} y 5×10^{-3}	5×10^{-3}
9	Cenizas	% de peso	AOAC, 2000	< 0.12	0.1
10	pH	-----	ISI, 1999	6.0 – 6.5	6.4
11	Índice de absorción en agua	g gel/ g	ANDERSON, 1969	0.82 – 15.52	9.78
12	Índice de solubilidad en agua	% solubilidad	ANDERSON, 1969	0.27 – 12.32	8
13	Poder de hinchamiento	% hinchamiento	ANDERSON, 1969	0.79 – 15.45	10.63

Tabla 1 Requisitos físicos y químicos del almidón de Mashua

peratura de secado, tiempo de licuado, tiempo de sedimentación, tiempo de molido y tamizado.

Lavado (Cantidad de agua en el lavado, Tiempo de lavado, Cantidad de impurezas de la Mashua), Pelado (Grosor de la cáscara, Grosor de la cuchilla), Clarificación o Sedimentación (Tiempo de sedimentación, Cantidad de agua en el sedimentado, Concentración de floculó en el sedimentado), Secado (Temperatura de entrada, Cantidad de humedad removida), Triturado (Tamaño de grano), Tamizado (Tamaño de grano) (Tabla 1).

Después de identificar las variables que afectan a cada proceso, se realiza la selección del material, las condiciones necesarias para que el material se ajuste a las condiciones obtenidas a nivel de laboratorio, mismas que se detallan en la Tabla 2.

Para el diseño de los equipos se eligió el acero inoxidable AISI

420, que es el que menor valor tiene en el mercado y que reúne a las condiciones de oxidación, ya que en los procesos físicos de producción del almidón no existe el contacto de las paredes de los recipientes con agentes químicos que produzcan su oxidación, por ser el almidón destinado a alimentos se escoge materiales que logren cumplir con esta función, de acuerdo con esto se utilizó planchas de 1220*2440 mm, que evitan trabajos grandes de soldadura y un espesor de 2 mm, para evitar costos excesivos en la adquisición del material, las propiedades físicas y químicas del acero inoxidable AISI 420 se detallan en la Tabla 3.

No.	Propiedades	Unidades	Valor Numérico
1	Densidad la Mashua	g/mL	0.9844
2	Densidad de la pasta	Kg/L	1.08
3	Densidad del almidón	Kg/L	1.10
4	Capacidad Calorífica del almidón	KJ/Kg °C	1.22

Tabla 2 Propiedades físico-químicas de la materia prima e insumos para la producción de almidón

3. Resultados y Discusión

El proceso de producción de almidón a partir de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) consideró la Norma NTE INEN 1740: Muestreo para hortali-

zas y frutas frescas obtuvo la muestra a utilizar con un valor de 2 Kg, después de esto se realizó la caracterización física de la materia prima basándose en lo estipulado en la norma NTE INEN 1831: 2012 de la oca por su gran parecido dando como resultado una materia prima de primera por la baja presencia de defectos en esta.

Para la caracterización química o análisis proximal se basó en las técnicas utilizadas por la AOAC, obteniéndose parámetros que cumplen con lo establecido en las normas estipuladas tanto para el análisis físico como para el análisis proximal de la materia prima.

Una vez con los 227 g de almidón de mashua obtenidos se procede a realizar los análisis físico-químico establecidos en la Guía Técnica para la Obtención y Análisis de almidón de yuca de la FAO, obteniéndose valores que se encuentran en los rangos permitidos para cada parámetro por lo que el proceso industrial es validado en función a las características del producto final.

Para el dimensionamiento de los equipos y los cálculos ingenieriles para el diseño del proceso se prestableció las condiciones del fluido y de los materiales a ocupar en los equipos, para lo cual se estableció que el material de trabajo tendrá que ser de láminas de acero inoxidable AISIS 304 en planchas metálicas de 22*10 mm, se escogió este acero ya que según la ficha técnica soporta la corrosión que será generada en la adición de químicos en la producción, evitando sobre todo las incrustaciones generadas por los iones carbonatos adicionados en el encalado de los residuos aumentando así la vida útil de los equipos, además de que soporta líquidas con viscosidades de 30-850 cP, rangos que están dentro de los líquidos que se van a manejar en la investigación, una vez elegido el material se determinó el flujo másico

EQUIPO	PARÁMETROS	CANTIDAD	UNIDAD
TANQUE DE LAVADO (Bombo de lavado)	Volumen mínimo del tanque	1340	L
	Capacidad máxima	186	kg/h
	Capacidad volumétrica	998	Kg/h
	Diámetro del bombo	0.62	m
	Altura del bombo	0.093	m
	Longitud del bombo	1.85	m
	Peso del bombo vacío	8331.4	Kg
	Peso del bombo cargado	8517.4	Kg
	Potencia del motor	1.5	Hp
	Volumen del tanque	0.073	m ³
PELADORA DE MASHUA (tornillo sin fin)	Diámetro del pelador	0.31	m
	Altura del pelador	0.47	m
	Velocidad del tornillo	750	rpm
	Volumen máximo	0.14	m ³
TRITURADORA DE MASHUA	Altura	0.18	m
	Diámetro	0.54	m
	Área total	7.37	m ²
	Número total de aspas	6	
	Potencia	4,5	Hp
	Velocidad de sedimentación	0.031	m/s
CLARIFICADOR	Área	0.31	m ²
	Tiempo de retención	1.4	h
	Calor total requerido	44213	BTU/h
	Potencia del motor	1.5	Hp
SECADOR	Número total de platos	4	
	Potencia	0.5	Hp
	TOLVA DE ALIMENTACION		
MOLINO	Volumen	0.0822	m ³
	Diámetro	0.31	m
	Altura	0.21	m
	TORNILLO SIN FIN		
	Diámetro	600	mm
	Velocidad de giro	1800	rpm
	Velocidad del extrusor	9	m/s
	Potencia del motor	0.25	Hp
TAMIZ	Longitud	0.11	m
	Base	0.22	m
	Volumen	0.1	m ³

Tabla 3 Dimensionamiento de los Equipos

*El material a utilizar es el acero inoxidable AISIS 420

a producir que fue igual a 90,43 Kg/d, y en base a esta se de cálculo y dimensionó los equipos a usar.

Una vez finalizado el proceso de obtención de almidón a partir de mashua se realizó un estudio comparativo de los resultados obtenidos en

CANTIDAD DE ALMIDÓN Kg	PESO NETO DEL ALMIDÓN Kg	CANTIDAD DE PRODUCCIÓN MENSUAL	COSTO UNITARIO POR EMPAQUE DE ALMIDÓN \$	TOTAL DE INGRESO \$
58	1	1160	0.81	939.6
Ingresos				
Semanal		Mensual	Anual	
939.6		3758.4	45100.8	
Egresos				
Semanal		Mensual	Anual	
800		3200	38400	
Total de ganancias				
Semanal		Mensual	Anual	
139.6		558.4	6700.8	

Tabla 4 Costo de producción

el proceso de producción con los resultados de los análisis fisicoquímicos ya establecidos en la Guía Técnica para producción y análisis de almidón de yuca de la FAO. (18)

En función de los datos obtenidos del análisis físico-químico para el almidón de mashua obtenidos en el Laboratorio de Química General e Inorgánica de la ESPOCH cumple con el reglamento técnico de acuerdo a la Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca de la FAO, por lo tanto, el proceso se válida.

Mediante el análisis económico de los gastos generados y la recuperación de los mismos, se reportó que con un gasto total de producción igual a \$800, que corresponde a los gastos por adquisición de materia prima, insumos reactivos, análisis de laboratorio, sin tomar en cuenta la inversión generada por efecto de la construcción de los equipos y su instalación ya que esos gastos serán recuperados de las ganancias generadas por la venta del producto terminado en un tiempo estimado de un año, se establece un precio de venta de \$0.81, obteniendo una relación costo beneficio de 1.12; lo que indica que por cada dólar invertido la fábrica tendrá ganancias de 0.12 centavos, razón por la cual si es viable el proceso productivo ya que

generará ganancias a la planta (Tabla 4).

El proceso de producción de almidón a partir de Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) basado primero en la Norma NTE INEN 1740: Muestreo para hortalizas y frutas frescas obtuvo la muestra a utilizar con un valor de 2 Kg, después de esto se realizó la caracterización física de la materia prima basándose en lo estipulado en la norma NTE INEN 1831: 2012 de la oca por su gran parecido dándonos como resultado una materia prima de primera por la baja presencia de defectos en esta.

Para la caracterización química o análisis proximal se basó en las técnicas utilizadas por la AOAC, obteniéndose

parámetros que cumplen con lo establecido en las normas estipuladas tanto para el análisis físico como para el análisis proximal de la materia prima.

No.	DETALLE	COSTO(\$)
1	Presupuesto de los equipos para la producción de almidón de Mashua	23460
2	Costos de materia prima	70
3	Costos de mano de obra	2000
4	Costos de administración	13163.4
5	Costos de producción	45100.8
	Total	83 794.2

Tabla 5 Presupuesto para la implementación del proceso de producción de almidón de Mashua

En valor total de inversión para la producción de almidón de Mashua es igual a \$83794.2, estos gastos se calcularon en relación a la producción de 100 Kg/h diarios, siendo un valor en el que se pueda invertir (Tabla 5).

El proceso de producción es analizado en un lapso de 5 días por 8 horas, la relación beneficio-costos será igual a 1.12 esto significa que por cada dólar que se invierte en proceso de obtención del almidón, se recuperará 0.12 por efecto de la venta del producto, generando ganancias por lo que el proyecto es totalmente rentable y viable.

4. Conclusiones

El proyecto de factibilidad sobre el diseño de una planta productora de almidón de Mashua como una nueva alternativa en la industria alimenticia presenta las siguientes conclusiones:

Los parámetros y variables que se identificaron, verificaron y controlaron en el proceso de producción de almidón fueron: temperatura de secado, velocidad de sedimentación, tiempo de licuado, tiempo de sedimentación, luz de malla en el tamizado, así como velocidad en la molienda, calidad y cantidad de materia prima.

Finalizado el proceso de obtención de almidón a nivel de laboratorio se realizaron los análisis establecidos en la Guía Técnica para el Análisis y Obtención de Almidón de la FAO, obteniendo resultados que cumplieron los estándares establecidos por lo que se validó el diseño de ingeniería con la guía mencionada.

Se determinó mediante cálculos de ingeniería que el flujo de entrada de Mashua para la obtención de almidón es de 62 kg/h, con esta entrada y después del proceso de licuado, sedimentado, secado, molido y tamizado, se obtuvo un flujo de salida de almidón de 55.07 Kg/h con lo que el proceso alcanzó un rendimiento del 35.8 %

Mediante la evaluación económica-financiera, el proyecto se califica como rentable, como se pudo obtener mediante los indicadores de bondad, con un VAN igual a \$33 689.94, TIR de 12 % y un costo-beneficio de 1.12. Mediante un análisis de sensibilidad se pudo concluir que la variable más sensible es el costo de producción.

El análisis de la relación beneficio-costos menciona que con un valor igual a \$ 1.12 por cada dólar invertido se obtendrá un beneficio de 0.12 centavos.

Referencias

1. OMS. Frutas y hortalizas frescas; 2007.
2. Suquilanda M. Producción orgánica de cultivos andinos Quito.
3. Perú Ecológico. Peru ecológico. [Online].; 2007 [cited 2005 Octubre.
4. Espín C. Aporte al rescate de la Mashua aplicando técnicas de cocina de vanguardia Cuenca; 2013.
5. Barrera V. Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador Quito; 2004.
6. Ayala A. Empresa de alimentos fomentará la siembra de trigo Zuleta; 2016.
7. León Contreras M. Factores que influyen en el conocimiento tradicional de mashua (*tropaeolum tuberosum*) en dos comunidades indígenas Cevallos; 2017.
8. Azcona C. Manual de Nutrición y Dietética Madrid; 2010.
9. Maza B, Aguirre Z. Diversidad de tubérculos andinos en el Ecuador Loja.
10. Velásquez Barreto F, Velezmoro C. Propiedades reológicas y viscoelásticas de almidones de tubérculos andinos. 2017 septiembre.
11. Barrera V, Tapia C. Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador Quito; 2004.
12. Espín Castro CI. Aporte al rescate de la Mashua Aplicando técnicas de cocina de vanguardia Cuenca; 2013.
13. Flores P. Alimentacion, Hidratos De Carbono y Adicción Cuenca; 2015.
14. Espín S, Villacrés E, Brito B. Caracterización Físico - Química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos. In Raíces y Tubérculos Andinos.; 1999.
15. Espín , et al.. Composicion Quimica, Valor Nutricional y Usos Potenciales de Siete Especies de Raices y Tubérculos Andinos Quito; 2001.

16. Medina J. Caracterización morfológica del granulo de almidón nativo : Apariencia , forma , tamaño y su distribución Bogotá; 2007.
17. Suquilanda Valdivieso MB. Producción orgánica de cultivos andinos Quito.
18. Fernández J. Estructura y función de los hidratos de carbono : azúcares , almidon, glucogeno, celulosa." Ampliacion de Tecnologia de los Alimentos; 2005.
19. Yungán Á. Efecto del método de extracción del almidón de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz& Pav.) en las características físico químicas y reológicas Ambato; 2015.
20. Hernández M, et al. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. Ciência e Tecnologia de Alimentos Yucatán.
21. Brito H. Texto Básico de Operaciones Unitarias III Riobamba: Docucentro ESPOCH; 2001.
22. Surco F. Caracterización de almidones aislados de tubérculos andinos: Mashua (*tropaeolum tuberosum*), Oca (*Oxalis tuberosa*), olluco (*Ullucus Tuberosus*) para su aplicación tecnológica Lima; 2004.
23. Surco Laos FA. Caracterización de almidones andinos Lima; 2004.
24. Urresta V, Ruales J. Evaluación del valor nutricional de la Harina de Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en dietas para pollo de engorde Quito; 2010.
25. Brito H. Texto Básico de Operaciones Unitarias I Riobamba: Docucentro ESPOCH; 2000.
26. Brito H. Texto Básico de Operaciones Unitarias II Riobamba: Docucentro ESPOCH; 2001.
27. Aristizábal , Sánchez T. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca; 2007.