



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y AMBIENTAL**

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ÓPTIMOS EN LA APLICACIÓN DE CAL (CaO), CEMENTINA (Ca(OH)₂), CENIZA E HIDRÓXIDO DE SODIO (NaOH), PARA REALIZAR EL NIXTAMALIZADO DE MAÍZ (*Zea mays L.*) BLANCO VARIEDAD INIAP 101 Y AMARILLO VARIEDAD GUANDANGO.

AUTOR: *Vásquez Pilco Jorge Vicente*

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Jimmy Cuarán MSc.

COMITÉ LECTOR:

Ing. Marcelo Vacas MSc.

Ing. Pedro Sandoval

Dra. Lucía Toromoreno

LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN: Unidades edu-productivas Universidad Técnica del norte.

BENEFICIARIOS: Productores de maíz nixtamalizado del Ecuador.

AÑO DE REALIZACIÓN DEL PROYECTO: 2015

Ibarra, 2015

HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



APELLIDOS: VÁSQUEZ PILCO

NOMBRES: JORGE VICENTE

C. CIUDADANÍA: 020185343-9

TELÉFONO CELULAR: 0991540817

CORREO ELECTRÓNICO: jorge_v002@hotmail.com

DIRECCIÓN: Provincia: Imbabura
Cantón: Ibarra
Parroquia: Teodoro y Atahualpa

FECHA DE DEFENSA DE TESIS: 27 de Noviembre de 2015

Ibarra, 2015

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: 27/11/2015

VÁSQUEZ PILCO JORGE VICENTE, “Determinación de los parámetros óptimos en la aplicación de cal (CaO), cementina (Ca(OH)₂), ceniza e hidróxido de sodio (NaOH), para realizar el nixtamalizado de maíz (*zea mays L.*) blanco variedad Iniap 101 y amarillo variedad guandango” / TRABAJO DE GRADO. Ingeniera Agroindustrial. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agroindustrial Ibarra. EC. 27 Noviembre del 2015.

340 p.

DIRECTOR: Ing. JIMMY CUARÁN MSc.

El objetivo principal de la presente investigación fue, determinar los parámetros óptimos en la aplicación, de cal, cementina, ceniza, e Hidróxido de Sodio, en el nixtamalizado (pelado) del maíz Iniap 101 y Guandango. Entre los objetivos específicos se estableció, medir la eficiencia del pelado del grano de maíz, determinar el porcentaje adecuado de cal (óxido de calcio (CaO)), cementina, (hidróxido de calcio (Ca (OH)₂), ceniza e hidróxido de sodio (NaOH) utilizado para la remoción de la cutícula del maíz y evaluar mediante análisis físico químico: humedad, fibra y minerales (calcio, sodio, potasio), al inicio y en los mejores tratamientos al final del proceso.

Fecha 27 de Noviembre, 2015



Ing. Jimmy Cuarán MSc.

Director de Tesis



Vásquez Pilco Jorge Vicente

Autor

Determinación de los parámetros óptimos en la aplicación de cal (CaO), cementina (Ca(OH)₂), ceniza e hidróxido de sodio (NaOH), para realizar el nixtamalizado de maíz (zea mays l.) blanco variedad iniap 101 y amarillo variedad guandango.

Autor:

Vásquez Pilco J. V.

RESUMEN

El proceso de nixtamalizado del maíz en nuestro medio se realiza en forma empírica, proceso en el cual la cementina, cal y ceniza se utilizan sin dosificaciones adecuadas. Para el proceso de nixtamalizado se determinó las dosis, baja, media y alta de cal, ceniza y cementina estableciéndose según la cantidad (%) de Hidróxido de Calcio (Ca(OH)₂) que es el agente pelante. Como unidad experimental se utilizaron 1000g de maíz blanco variedad INIAP 101 y amarillo variedad Guandango que se llevaron a cocción durante 15 minutos, en dos litros de agua con las dosis establecidas. Al alcanzar la ebullición se midió la temperatura mientras que el pH se tomó al inicio y final de la etapa de cocción, se dejó en reposo por 5 minutos para ser llevado a la peladora por un lapso 5 minutos en donde se produjo el desprendimiento de la cutícula y su salida junto con residuos de sustancias alcalinas y agua. En el caso de Hidróxido de Sodio no existió cocción si no una etapa de inmersión durante 5 minutos, a una temperatura constante, para posteriormente ser llevado a una etapa de lavado y escurrido, logrando como producto final el maíz pelado.

El maíz pelado para su almacenamiento se necesitó llevar a una humedad del 12%, la cual se alcanzó mediante la utilización de una secadora de bandejas a una temperatura de 45°C por 5 horas. Luego de esta etapa del proceso se procedió a la separación manual de los granos utilizados se separó los granos pelados de los no pelados, con la finalidad de establecer la eficiencia de las sustancias en la remoción de la cutícula.

Como resultado de la evaluación del nixtamalizado por las sustancias alcalina se obtuvieron los siguientes valores: la cementina con el tratamiento T9 (A2B2C1) para maíz blanco con una eficiencia del 99,42% y para el maíz amarillo el T12 (A2B3C2) con una eficiencia del 99,31 %, los cuales conservan los minerales, la fibra y un incremento significado del calcio por lo que se recomienda la utilización de cementina o cal

Palabras claves: Nixtamalizado, proceso, sustancia, maíz, pH.

ABSTRACT

The process of nixtamalized corn is done regularly empirically, process in which the cementina, lime, ash without Suitable dosages are used. To perform

the process of nixtamalized is determined pelante agent concentration of alkali, calcium hydroxide Ca

(OH)₂, so that the doses of these substances are in the same conditions. As experimental unit was used 1000g of white and yellow corn was cooked for 15 minutes in two liters of water with established dose reaching the boiling temperature was measured while the pH was taken at the beginning and end of the cooking stage, let stand for 5 min to be brought to the peeling by a 5-minute period where the detachment of the cuticle and its output together with alkaline substances and water waste occurs. In the case of sodium hydroxide there was no cooking but a dipping step for 5 minutes at a constant temperature, to be subsequently carried to a washing step and drained, making the end product peeling corn. Once you obtained the bare corn for storage humidity of 12%, which was achieved by using a tray dryer at a temperature of 45 ° C for 5 hours is required. After this stage we proceeded to separate the corn peeled unpeeled, in order to establish the efficiency of removal of substances in the cuticle.

As a result of the evaluation of alkaline substances the following values were obtained: the cementina with T9 (A2B2C1) treatment of white corn with an efficiency of 99, 42% and for yellow maize T12 (A2B3C2) with an efficiency of 99, 31% which retain the minerals, fiber and even produced a significant increase in calcium so cementina using lime or recommend.

Keywords: Nixtamalized, process, substances, corn, pH.

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento del maíz en sus subproductos tales como: mote, harina, hojuelas, frituras, botanas, bebidas fermentadas, industria de panadería, balanceados, masas y tortillas, entre otros, necesita de un proceso de pelado previo a su elaboración; en México este proceso es denominado nixtamalización, la cuál es un práctica antigua desarrollada por las culturas Mesoamericanas (Centro América), que consiste en cocer el grano en una solución alcalina, en una relación de 1:3, (maíz: solución alcalina). Esta técnica de cocimiento sirve para suavizar el grano que permite el desprendimiento y degradación de la cutícula, además produce cambios que ayudan a mejorar la cualidades nutricionales del maíz (Izquierdo, 2011).

Los hábitos alimenticios en la provincia de Imbabura están basados en su mayoría en el consumo del maíz pelado conocido como mote, en sus diferentes platos típicos, este alimento es elaborado por productores de la zona que realizan este proceso en forma empírica. El aporte de esta investigación es determinar los parámetros adecuados en la aplicación de cal, cementina, ceniza, e hidróxido de sodio en el nixtamalizado de maíz Iniap 101 y Guandango, para mejorar la calidad del producto terminado.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Determinar los parámetros óptimos en la aplicación, de cal, cementina, ceniza, e Hidróxido de Sodio, en el nixtamalizado (pelado) del maíz Iniap 101 y Guandango.

Objetivos específicos:

- Medir la eficiencia del pelado del grano de maíz.
- Determinar el porcentaje adecuado de cal (Óxido de Calcio (CaO)), cementina, (Hidróxido de Calcio (Ca (OH)₂), Ceniza e Hidróxido de Sodio (NaOH) utilizado para la remoción de la cutícula del maíz.
- Evaluar el análisis físico químico: humedad, fibra y minerales (Calcio, Sodio, Potasio), al inicio y en los mejores tratamientos al final del proceso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

- Semillas de maíz blanco INIAP 101
- Semillas de maíz amarillo Guandango
- Cal (Óxido de Calcio (CaO)), P-24 Discensa
- Cementina (Hidróxido de Calcio (Ca (OH)₂), cementina rocafuerte
- Ceniza, de espino acacia macracantha
- Hidróxido de Sodio (NaOH), en escama 98,4% pureza
- Agua potable
- Gas
- Recipientes plásticos
- Recipientes de aluminio
- Paleta de madera
- Tamiz

Equipos

- Peladora mecánica
- Balanza digital
- pH metro
- Cronómetro
- Termómetro de alcohol
- Cocina

MÉTODOS

- **Determinación de la eficiencia y el porcentaje adecuado de las sustancias alcalinas para la remoción de la cutícula del maíz:**

Para medir la eficiencia del pelado del grano de maíz y determinar el porcentaje adecuado de cal óxido de calcio CaO, cementina, hidróxido de calcio Ca (OH)₂, ceniza e hidróxido de sodio NaOH que se utilizó para la remoción de la cutícula con diferentes dosis en dos variedades de maíz, se aplicó un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial AxBxC, 24 tratamientos con 3 repeticiones con un total 72 unidades experimentales y un tamaño de la unidad experimental de 1000g de grano de maíz.

- **Evaluación de los análisis físicos químicos: humedad, fibra y minerales (calcio, sodio, potasio), al inicio y en los mejores tratamientos al final del proceso:**

En la investigación se analizó la materia prima (maíz seco) y el producto terminado (maíz pelado), para comparar si existe cambio en la composición interna del grano y si el proceso altera la misma. Todos estos análisis se realizaron a los 2 mejores tratamientos por cada sustancia, también se calculó el rendimiento.

Rendimiento.- Esta variable se aplicó en el peso del producto nixtamalizado sin clasificar, en el producto nixtamalizado y clasificado; se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{Wmp}{Wpt} \times 100$$

Ecuación 1. Rendimiento

R= rendimiento

Wmp= peso del producto nixtamalizado y seleccionado

Wpt = peso del producto nixtamalizado no seleccionado

- **pH:**

Se midió al inicio de la cocción de la solución alcalina con el maíz y al final del proceso. Se utilizó un potenciómetro digital Beckman, el cual fue calibrado previamente con buffer a pH=7. El valor se lo obtuvo introduciendo directamente el electrodo dentro de la muestra.

- **Humedad:**

Este parámetro fue evaluado al inicio y al final del proceso. La humedad se midió mediante el método descrito por la Asociación Oficial de Químicos Analistas (AOAC, 1990) según su procedimiento número 964,22.

Se determinó el contenido de la humedad en el grano antes del proceso de cocimiento en la solución térmica alcalina y una vez finalizado el proceso en

donde el pericarpio se halla suavizado; esto se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte.

– **Fibra:**

Se evaluó al inicio y al final del proceso, la fibra cruda es la pérdida de masa que corresponde a la hidrólisis del residuo orgánico que queda después de la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas, mediante la norma AOAC. Método oficial 962,09.

– **Calcio:**

Se realizó la determinación de calcio una vez extraídas las muestras de maíz al inicio y final del proceso, se les retiró el pericarpio, y se secó a 40°C en una estufa de vacío, se molió y tamizó con una malla y el polvo obtenido se utilizó para leer la cantidad de calcio fijado en esa estructura. Esta determinación se lo realizó por medio de una digestión ácida, en un horno de microondas y posteriormente la determinación de calcio se lo hizo por absorción atómica (espectrometría), esto se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte mediante la norma AOAC Método oficial 944,03.

– **Sodio:**

Se determinó al inicio y al final del proceso de nixtamalizado mediante la norma AOAC. Método oficial 991,25 el equipo empleado fue un espectrofotómetro de absorción atómica, esto se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte.

– **Potasio:**

Se determinó al inicio y al final del proceso de nixtamalizado mediante la norma AOAC. Método oficial 991,25 el equipo empleado fue un espectrofotómetro de absorción atómica, esto se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte.

PROCESO DE NIXTAMALIZADO.

a. Recepción de la materia prima: Para efectuar el siguiente trabajo se utilizó la variedad de maíz blanco INIAP 101 y maíz amarillo Guandango adquirida de los productores del sector de Natabuela, cantón Antonio Ante provincia de Imbabura

b. Seleccionado y clasificado: Se retiraron impurezas, tales como piedras, pajillas, granos dañados o picados, en forma manual y por inspección visual

c. Pesado: En una balanza digital de precisión se pesaron las sustancias alcalinas en sus dosis pre establecidas. Se midió 2L de agua y 1000g de maíz para cada tratamiento.

d. Cocción: En esta etapa del proceso se sometió a cocción la relación 2:1 (agua 2lt: grano maíz 1000 g) con la sustancia alcalina (cal, cementina, ceniza) por un lapso de 15 minutos agitando con la pala ocasionalmente. Se controló el tiempo tomado a partir de que se somete al calor. Se tomó la temperatura de ebullición y el pH al inicio y al final

del proceso. En el caso del Hidróxido de sodio se realizó una etapa de inmersión que consistió en permitir que la solución alcance su punto de ebullición luego se retiró del fuego y se puso a inmersión al grano de maíz durante 5 minutos para luego ser llevado a la peladora mecánica. Mediante esta etapa podemos decir que las dosis del hidróxido de sodio son más altas debido a que el maíz no se lleva a cocción simplemente a una inmersión.

e. Reposos: Consistió en dejar reposar por cinco minutos a los granos de maíz en llama baja, para que exista una uniformidad del mismo y se facilite el desprendimiento de la cutícula, esto en el caso de la cementina, cal, ceniza ya que a los tratados con el hidróxido de sodio pasaron a la peladora directamente sin esta etapa por su reacción inmediata.

f. Pelado: Para el pelado el grano de maíz se colocó en la peladora mecánica durante 5 minutos, en esta etapa, se utilizó agua para el lavado y facilitar el desprendimiento de la cutícula. Aquí existen etapas combinadas, peladas, lavadas y escurridas, en esta etapa se realizó la recolección de la cutícula.

g. Lavado: se utilizó constantemente agua en la peladora para facilitar el desprendimiento de la cutícula del maíz, según el tratamiento dado.

h. Escurrido: Se escurrió eliminando el excedente del agua en el maíz con la ayuda de un tamiz.

i. Secado: Este se realizó en un secador de bandejas a una temperatura de 45°C por un lapso de 5 h hasta llegar a una humedad de 12 %.

j. Seleccionado: en esta etapa se realizó la separación de los granos de maíz pelado de los no pelados.

k. Pesado: Se pesó el producto obtenido para determinar el rendimiento y la eficiencia de las materias primas escogidas.

l. Enfundado: El maíz obtenido se lo conservó dentro de fundas de papel y a la vez éstas dentro de fundas de polipropileno (plásticas), para evitar que ésta absorba la humedad del medio, y de igual forma mantenga sus propiedades nutritivas sin alteración alguna.

m. Almacenado: El maíz nixtamalizado enfundado y codificado se almacenó en un lugar alejado de la humedad o contaminación alguna asegurando su calidad.

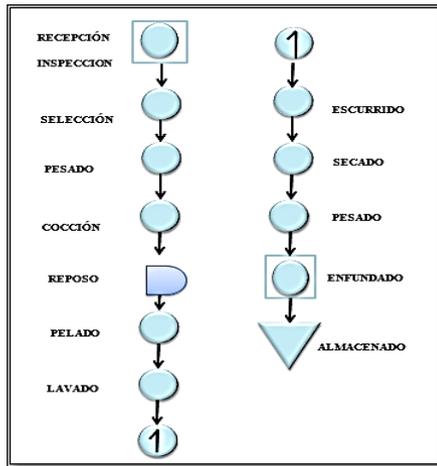


Diagrama 1. Proceso de pelizado de procesos para el nixtamalizado de maíz

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de la eficiencia después del proceso de nixtamalización:



Figura 1. Comportamiento de las medias para la eficiencia.

Tabla 1. Tratamientos de mayor eficiencia

Nº	CÓDIGO	TRATAMIENTO	EFICIENCIA (%)
T10	A1B2C1	Cal + Dosis media + Maíz blanco	98,64
T11	A1B2C2	Cal + Dosis media + Maíz amarillo	98,55
T9	A2B2C1	Cementina + Dosis media + Maíz blanco	99,42
T12	A2B3C2	Cementina + Dosis alta + Maíz amarillo	99,31
T20	A3B3C1	Ceniza + Dosis alta + Maíz blanco	89,07
T19	A3B3C2	Ceniza + Dosis alta + Maíz amarillo	89,58
T3	A4B2C1	Hidróxido de sodio + Dosis media + Maíz blanco	100
T4	A4B2C2	Hidróxido de sodio + Dosis media + Maíz amarillo	100

Mediante la presente investigación se pudo determinar que existe mayor eficiencia de nixtamalizado (pelado) de maíz, al grano que se sometió a la solución de hidróxido de sodio ya que esta presentó una alta alcalinidad con valores altos de pH a diferencia de las otras sustancias, sin embargo no es recomendable porque desmejora las características físicas del grano al realizarse por medio de inmersión y no existir una

etapa de cocción ya que esta permite la absorción de sus nutrientes, mientras que la cementina es considerada la mejor a utilizar porque produce un pH idóneo para la remoción de la cutícula y además las características nutricionales mejoran por existir la etapa de cocción permitiendo el ingreso de nutriente disueltos en el agua hacia el interior del almidón por el ablandamiento del pericarpio del maíz.

Determinación del pH inicial al realizar la cocción del maíz:

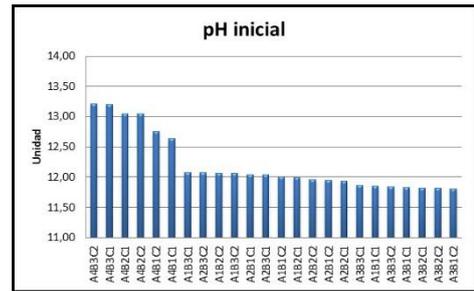


Figura 2. pH inicial

Determinación de pH final al terminar la cocción de maíz

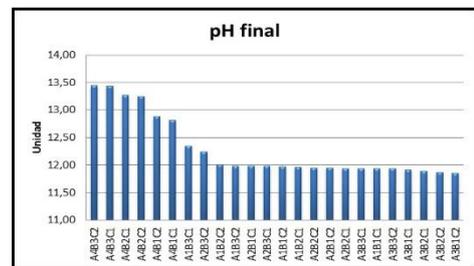


Figura 3. pH final

Obtenidos los respectivos datos se puede determinar que existe un aumento significativo del pH de un nivel de 7 que posee el agua a un nivel de 11 a 13,44 que presenta la solución al inicio y al final de la etapa de cocción debido a la aplicación de las diferentes sustancias alcalinas y al ser sometida al calor, demostrándonos que existe mayor degradación de la cutícula en soluciones con un nivel de pH altamente básico de presencia de calor mediante una etapa de cocción.

Resultados físicos químicos:

Las tablas siguientes indican los resultados de los análisis físico – químicos, realizados a los mejores tratamientos de maíz blanco y amarillo pelado y sin

pelar y de igual manera a la cutícula de maíz natural y al sometido al proceso químico con las sustancias alcalinas.

Tabla 2. Resultados Físico Químico Maíz Blanco

	Unidad	Sin pelar	Cal	Cementina	Ceniza	Na OH
Fibra	%	3,28	3,22	3,2	3	2,6
Calcio	%	<0,10	11,35	12	3,3	<0,10
Sodio	(mg/100g)	17,00 (mg/100g)	0,30 (mg/100g)	0,60 (mg/100g)	<0,1 (mg/100g)	1,70 (mg/100g)
Potasio	(mg/100g)	255,00 (mg/100g)	4,50 (mg/100g)	9,00 (mg/100g)	16,00 (mg/100g)	28,00 (mg/100g)

Se puede observar que existe un aumento significativo de calcio con la utilización cementina y la cal. Y en menor porcentaje con la ceniza, mientras que la fibra se mantiene y el Sodio, Potasio bajaron ya que no existió la asimilación de estos minerales hacia el interior (almidón) del grano y terminó en la mezcla de agua residual por su gran solubilidad.

Tabla 3. Resultados Físico Químico Maíz Amarillo

	Unidad	Sin pelar	Cal	Cementina	Ceniza	Na OH
Fibra	%	2,9	2,7	2,45	2,85	2,7
Calcio	%	<0,10	10,96	12,6	4,2	<0,10
Sodio	(mg/100g)	15,00 (mg/100g)	0,13 (mg/100g)	0,92 (mg/100g)	<0,1 (mg/100g)	1,70 (mg/100g)
Potasio	(mg/100g)	225,00 (mg/100g)	2,00 (mg/100g)	13,80 (mg/100g)	14,00 (mg/100g)	25,50 (mg/100g)

Aquí existe un aumento significativo de calcio con la utilización cementina y la cal. Y en menor porcentaje con la ceniza, mientras que la fibra se mantiene y el Sodio, Potasio bajaron ya que no existió la asimilación de estos minerales hacia el interior (almidón) del grano y terminó en la mezcla de agua residual por su gran solubilidad.

Tabla 4. Resultados Físico Químico Maíz Blanco

	Unidad	Sin pelar	Cal	Cementina	Ceniza	Na OH
Fibra	%	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Calcio	%	0,1	14	14,8	5,7	<0,10
Sodio	(mg/100g)	0,72 (mg/100g)	<0,10 (mg/100g)	<0,10 (mg/100g)	<0,10 (mg/100g)	0,64 (mg/100g)
Potasio	(mg/100g)	10,80 (mg/100g)	<0,10 (mg/100g)	<0,10 (mg/100g)	<0,10 (mg/100g)	9,60 (mg/100g)

Se observa que existe un aumento significativo de calcio con la utilización de cementina y la cal. En menor porcentaje con la ceniza, mientras que se mantiene la fibra y el Sodio, Potasio bajaron ya que no existió la asimilación de estos minerales hacia el interior (almidón) del grano y terminó en la mezcla de agua residual por su gran solubilidad.

Tabla 5. Resultados Físico Químico Maíz Amarillo

	Unidad	Sin pelar	Cal	Cementina	Ceniza	Na OH
Fibra	%	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Calcio	%	0,15	14,8	19,5	1,4	<0,10
Sodio	(mg/100g)	0,60 (mg/100g)	<0,10 (mg/100g)	<0,10 (mg/100g)	<0,10 (mg/100g)	0,45 (mg/100g)
Potasio	(mg/100g)	9,00 (mg/100g)	<0,10 (mg/100g)	<0,10 (mg/100g)	<0,10 (mg/100g)	8,80 (mg/100g)

Con la utilización de las sustancias alcalinas se puede observar que existe un aumento significativo de Ca con la cementina y la cal. En menor porcentaje con la ceniza, mientras que se mantiene la fibra y el Sodio, Potasio bajaron ya que no existió la asimilación de estos minerales hacia el interior (almidón) del grano y terminó en la mezcla de agua residual por su gran solubilidad.

Porcentajes adecuados para utilización de las sustancias alcalinas para realizar el proceso de nixtamalizado

Tabla 6. Porcentaje a utilizar Maíz Blanco

PORCENTAJES A UTILIZAR				
MAÍZ BLANCO				
Sustancia	Dosis%	Maíz%	H ₂ O%	100%
Cal	0,66	33,11	66,23	100%
Cementina	1,57	32,81	65,62	100%
Ceniza	2,48	32,51	65,02	100%
NaOH	7,85	30,72	61,43	100%

Tabla 7. Porcentaje a utilizar Maíz Amarillo

PORCENTAJES A UTILIZAR				
MAÍZ AMARILLO				
Sustancia	Dosis%	Maíz%	H ₂ O%	100%
Cal	0,66	33,11	66,23	100%
Cementina	2,34	32,55	65,11	100%
Ceniza	2,48	32,51	65,02	100%
NaOH	7,85	30,72	61,43	100%

CONCLUSIONES

Del presente trabajo de investigación se puede expresar las siguientes conclusiones:

- Una vez evaluadas las dosis de las distintas sustancias alcalinas en el proceso de nixtamalizado de maíz, se determinaron que las más adecuadas para la remoción de la cutícula son: el Hidróxido de Sodio con el tratamiento T3(NaOH-dosis media-maíz blanco) T4 (NaOH-dosis media-maíz amarillo) y la cementina con el T19 (cementina - dosis media - maíz blanco) T12 (cementina - dosis alta - maíz amarillo), ya que presentaron la más alta eficiencia en comparación a los demás tratamientos.
- Con la investigación podemos determinar que los porcentajes más altos de eficiencia para realizar el nixtamalizado de maíz fueron los realizados con el hidróxido de sodio (NaOH) para el maíz blanco, maíz amarillo con un 100% de eficiencia y con la

utilización de cementina para el maíz blanco fue del 99,42% y para el maíz amarillo fue del 99,31% de eficiencia.

- Mediante el proceso de nixtamalizado de maíz, podemos determinar que el porcentaje a utilizar de NaOH en maíz blanco y amarillo es del 7,85% y para la cementina es el 1,57% en maíz blanco y 2,34% en maíz amarillo, ya que estos tratamientos son los que arrojaron mejores resultados de nixtamalizado.
- Una vez realizado los análisis físico-químicos a los mejores tratamientos se determinó, que existe un aumento significativo en el contenido de calcio (Ca) tanto para el maíz blanco como para el amarillo de 0,10% a 11 - 13 % con la utilización de cementina y cal, ya que estas sustancias tienen mayor contenido de este mineral y al existir la cocción produce la degradación de la cutícula protectora y el ablandamiento del endospermo lo que genera el ingreso de los iones de Ca disueltos en el agua hacia el interior del grano. Y en menor porcentaje con la ceniza, mientras que la fibra se mantiene y el sodio (Na), potasio (K) bajaron ya que no existió la asimilación de estos minerales hacia el interior (almidón) del grano y terminó en la mezcla de agua residual por su gran solubilidad.
- En este sentido la utilización de NaOH para el nixtamalizado de maíz no tiene ningún incremento de minerales al contrario existe una pérdida de fibra, calcio (Ca), potasio (K) y sodio (Na) ya que este proceso se lo realiza por inmersión lo que no da lugar al ablandamiento del pericarpio y el ingreso de agua hacia el interior del grano, producido mediante la cocción.
- Podemos determinar que existe una mayor degradación de la cutícula en valores de pH altos en rangos de 11,5 - 14 es decir que la degradación de la cutícula aumenta en compuestos altamente básicos.
- Mediante el costo beneficio la mejor sustancia a utilizar con las dosis establecidas es la cementina.
- Mediante la investigación se acepta la hipótesis alternativa ya que se determinó que las dosis y sustancias se comportaron de diferente manera en el proceso de nixtamalizado

PORCENTAJES ADECUADOS PARA UTILIZACIÓN DE LAS SUSTANCIAS ALCALINAS PARA REALIZAR EL PROCESO DE NIXTAMALIZADO

Las tablas siguientes muestran los adecuados porcentajes que se debe emplear para realizar un proceso eficiente de nixtamalización, para el maíz blanco y maíz amarillo que se muestran a continuación:

PORCENTAJES A UTILIZAR				
MAÍZ BLANCO				
Sustancia	Dosis %	Maíz %	H ₂ O %	100%
Cal	0,66	33,11	66,23	100%
Cementina	1,57	32,81	65,62	100%
Ceniza	2,48	32,51	65,02	100%
NaOH	7,85	30,72	61,43	100%

Fuente: Elaborado por el Autor

PORCENTAJES A UTILIZAR				
MAÍZ AMARILLO				
Sustancia	Dosis %	Maíz %	H ₂ O %	100%
Cal	0,66	33,11	66,23	100%
Cementina	2,34	32,55	65,11	100%
Ceniza	2,48	32,51	65,02	100%
NaOH	7,85	30,72	61,43	100%

Fuente: Elaborado por el Autor

BIBLIOGRAFÍA

- Izquierdo, C. C. (2011). *El maíz en la alimentación humana*. España.
- Ruíz, G. (2007). *Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón*. Ingeniería en ciencia.

