



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

**DESARROLLO DE UN PRODUCTO PRE-COCIDO
DESHIDRATADO A BASE DE MAÍZ BLANCO
NIXTAMALIZADO (PELADO).**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Autor: Lara Espinoza Jorge Israel

Director: Ing. Jimmy Cuarán Mg. I.

IBARRA-ECUADOR

2017

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

DESARROLLO DE UN PRODUCTO PRE-COCIDO DESHIDRATADO A BASE DE MAÍZ BLANCO NIXTAMALIZADO (PELADO)

Trabajo de grado revisado por los miembros del tribunal, por lo cual se autoriza su
presentación como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA:

Ing. Jimmy Cuarán. Mg.I

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Holguer Pineda. MBA

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Armando Manosalvas. MSc

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Lic. Carmen Alvear. MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



FIRMA



FIRMA



FIRMA



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100404394-7		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Lara Espinoza Jorge Israel		
DIRECCIÓN:	Otavalo, Cdla. Jacinto Collahuazo II, Juan Rojas y Marcelo Amaguaña		
EMAIL:	georgeile_91@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062922139	TELÉFONO MÓVIL:	0999893077
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	Desarrollo de un producto pre-cocido deshidratado a base de maíz blanco nixtamalizado (pelado).		
AUTOR:	Lara Espinoza Jorge Israel		
FECHA:	2016/12/21		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/>	PREGRADO	<input type="checkbox"/> POSTGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agroindustrial		
ASESOR / DIRECTOR:	Ing. Jimmy Cuarán Mg. I		

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Lara Espinoza Jorge Israel, con cédula de ciudadanía número 100404394-7, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar los derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de La Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 21 días del mes de diciembre de 2016

EL AUTOR:



Lara Espinoza Jorge Israel

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL
NORTE**

Yo, Jorge Israel Lara Espinoza, con cédula de ciudadanía número **100404394-7**, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4,5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **DESARROLLO DE UN PRODUCTO PRE-COCIDO DESHIDRATADO A BASE DE MAÍZ BLANCO NIXTAMALIZADO (PÉLADO)**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

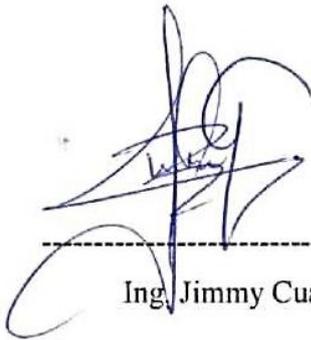
EL AUTOR:



Lara Espinoza Jorge Israel

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de investigación fue desarrollado por el señor Jorge Israel Lara Espinoza, bajo mi supervisión.



Ing. Jimmy Cuarán

DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto, es original y soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 10 días del mes de enero de 2017

JORGELARA

Jorge Israel Lara Espinoza

DEDICATORIA

A mi familia, que con su unión y solidez hacen que los pasos en mi camino sean firmes.

A mis padres Jorge e Hilda a los que les debo todo.

A mi hermana Dayra, mis sobrinos; Marco, Carolina y Jorge que siempre están ahí.

A mis amigos, los que están cerca y los que se adelantaron...

AGRADECIMIENTO

A la FICAYA en especial a la Carrera de Agroindustrias en la que me he formado profesionalmente, he hecho amigos y he vivido experiencias que me han hecho una mejor persona. De manera especial al Ing. Jimmy Cuarán por su gran ayuda, apoyo y paciencia en el desarrollo de la presente investigación.

A mis asesores Ing. Holguer Pineda, Ing. Armando Manosalvas y Msc. Carmen Alvear por su contribución desinteresada para afinar detalles importantes en la investigación.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 PROBLEMA	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	1
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4 HIPÓTESIS	3
1.4.1 HIPÓTESIS NULA.....	3
1.4.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA.....	3
CAPÍTULO II	4
2 MARCO TEÓRICO	4
2.1 MAÍZ.....	4
2.1.1 MAÍZ BLANCO	5
2.1.2 TAXONOMÍA	5
2.1.3 PRODUCCIÓN DE MAÍZ BLANCO.....	5
2.1.4 VALOR NUTRITIVO DEL MAÍZ BLANCO.....	6
2.1.5 FORMAS DE CONSUMO DEL MAÍZ BLANCO.....	6
2.1.6 VARIEDAD INIAP-111 GUAGAL MEJORADO.....	6
2.1.7 CULTIVO DEL 111-GUAGAL MEJORADO.....	7
2.2 MOTE DE MAÍZ	9
2.2.1 PROPIEDADES NUTRICIONALES.....	9

2.2.2	PLATOS TÍPICOS.....	10
2.2.3	OBTENCIÓN DEL MOTE DE MAÍZ.....	10
2.3	DESHIDRATACIÓN.....	14
2.3.1	DESHIDRATACIÓN DE PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS	15
2.3.2	TÉCNICAS DE ELIMINACIÓN DE AGUA EN PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS	15
2.3.3	OBJETIVOS DE LA DESHIDRATACIÓN.....	16
2.3.4	DEFECTOS DE LA DESHIDRATACIÓN.....	18
2.3.5	DESHIDRATACIÓN POR AIRE CALIENTE.....	18
2.3.6	LA DESHIDRATACIÓN COMO OPERACIÓN UNITARIA	19
2.3.7	PSICROMETRÍA DEL SECADO.....	20
2.3.8	ESTÁTICA DEL SECADO.....	20
2.3.9	CINÉTICA DEL SECADO	21
2.3.10	CURVA DE VELOCIDAD DE SECADO.	22
2.3.11	MECANISMOS DEL SECADO	23
2.3.12	SECADOR DE BANDEJAS O DE ARMARIO.	23
2.4	REHIDRATACIÓN	24
2.4.1	FENÓMENO DE LA REHIDRATACIÓN	24
2.4.2	FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL PROCESO DE REHIDRATACIÓN.....	25
2.5	EMPAQUE.....	26
2.5.1	PELÍCULAS DE CELULOSA	26
3	CAPÍTULO III.....	28
	METODOLOGÍA	28
3.1	CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	28

3.2	MATERIALES.....	28
3.2.1	MATERIA PRIMA.....	28
3.2.2	MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO.....	29
3.3	MÉTODOS.....	29
3.3.1	PARÁMETROS TÉCNICOS PARA EL TRATAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA.....	29
3.3.2	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CURVAS DE SECADO....	34
3.3.3	ACEPTABILIDAD DEL PRODUCTO.....	36
3.3.4	MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO	39
	CAPÍTULO IV	48
4	RESULTADOS Y DISCUSIONES	48
4.1	PARÁMETROS TÉCNICOS DEL REMOJO Y LA COCCIÓN.....	48
4.1.1	VARIABLES CUANTITATIVAS	49
4.1.2	VARIABLES CUALITATIVAS DE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS.....	55
4.2	CINÉTICA DEL SECADO DEL MOTE DE MAÍZ BLANCO	59
4.2.1	CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL TRATAMIENTO 1 (10 HORAS DE REMOJO Y 5:30 HORAS DE COCCIÓN).....	60
4.2.2	CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL TRATAMIENTO 2 (10 HORAS DE REMOJO Y 6:00 HORAS DE COCCIÓN).....	62
4.2.3	CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL TRATAMIENTO 3 (10 HORAS DE REMOJO Y 6:30 HORAS DE COCCIÓN).....	64
4.2.4	CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL TRATAMIENTO 4 (12 HORAS DE REMOJO Y 5:30 HORAS DE COCCIÓN).....	66
4.2.5	CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL TRATAMIENTO 5 (12 HORAS DE REMOJO Y 6:00 HORAS DE COCCIÓN).....	68

4.2.6 CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL TRATAMIENTO 6 (12 HORAS DE REMOJO Y 6:30 HORAS DE COCCIÓN).....	70
4.3 ENSAYOS DE RECONSTITUCIÓN.....	72
4.3.1 ENSAYO DE RECONSTITUCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 1 (10 HORAS DE REMOJO Y 5:30 HORAS DE COCCIÓN)	72
4.3.2 ENSAYO DE RECONSTITUCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 2 (10 HORAS DE REMOJO Y 6:00 HORAS DE COCCIÓN)	73
4.3.3 ENSAYO DE RECONSTITUCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 3 (10 HORAS DE REMOJO Y 6:30 HORAS DE COCCIÓN)	75
4.3.4 ENSAYO DE RECONSTITUCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 4 (12 HORAS DE REMOJO Y 5:30 HORAS DE COCCIÓN)	76
4.3.5 ENSAYO DE RECONSTITUCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 5 (12 HORAS DE REMOJO Y 6:00 HORAS DE COCCIÓN)	77
4.3.6 ENSAYO DE RECONSTITUCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 6 (12 HORAS DE REMOJO Y 6:30 HORAS DE COCCIÓN)	79
4.3.7 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO RECONSTITUIDO.....	80
5 CAPÍTULO V.....	85
5.1 CONCLUSIONES.....	85
5.2 RECOMENDACIONES	86
6 REFERENCIAS.....	88
GLOSARIO	98
7 ANEXOS.....	99
7.1 ADEVAS.....	99
7.1.1 ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA	99
7.1.2 ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA	100

7.1.3 PODER DE HINCHAMIENTO	100
-----------------------------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. a) Enrollamiento helicoidal de la amilasa b) estructura química de la amilopectina	12
Figura 2. Gelatinización del almidón	13
Figura 3. Isoterma de adsorción de la harina de maíz a tres temperaturas	18
Figura 4. Curva de secado de productos agroalimentarios.....	21
Figura 5. Curva de secado.....	22
Figura 6. Tabla Psicrométrica a 2250msnm (77,06 KPa).....	35
Figura 7. Diagrama de Proceso	39
Figura 8. Curva de secado.....	46
Figura 9. Curva de velocidad de secado	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Identificación taxonómica del Maíz (Zea mayz L.)	5
Tabla 2. Valor nutritivo de la variedad de maíz blanco.	6
Tabla 3. Descripción de la variedad	7
Tabla 4. Mecanismos del secado	23
Tabla 5. Descripción del lugar a realizarse la investigación.....	28
Tabla 6. Materiales y equipo	29
Tabla 7. Factores	30
Tabla 8. Descripción de los Tratamientos.....	30
Tabla 9. Adeva.....	31
Tabla 10. Evaluación sensorial del sabor.....	32
Tabla 11. Evaluación sensorial del color	33

Tabla 12. Evaluación sensorial del aroma	33
Tabla 13. Evaluación sensorial de la textura	34
Tabla 14. Datos de temperatura del aire ambiente	35
Tabla 15. Propiedades psicrométricas del aire en condiciones ambientales	35
Tabla 16. Propiedades psicrométricas del aire a 80°C.....	36
Tabla 17. Evaluación sensorial del sabor.....	37
Tabla 18. Evaluación sensorial del color	37
Tabla 19. Evaluación sensorial del aroma	38
Tabla 20. Evaluación sensorial de la textura	38
Tabla 21. Evaluación de la aceptabilidad.....	38
Tabla 22. Tratamientos.....	49
Tabla 23. IAA ISA y PH de la materia prima.....	49
Tabla 24. Datos de la repetición 1	50
Tabla 25. Datos de la repetición 2.....	50
Tabla 26. Datos de la repetición 3.....	51
Tabla 27. Valores del índice de absorción de agua.....	51
Tabla 28. Valores del índice de solubilidad en agua.....	52
Tabla 29. Valores del poder de hinchamiento	53
Tabla 30. Humedad del producto después del remojo y la cocción	54
Tabla 31. Evaluación organoléptica del sabor.....	56
Tabla 32. Resultados para el sabor	56
Tabla 33. Evaluación organoléptica del color	57
Tabla 34. Resultados para el color.....	57
Tabla 35. Evaluación organoléptica del aroma	58

Tabla 36. Resultados para el aroma	58
Tabla 37. Evaluación organoléptica de la textura	58
Tabla 38. Resultados para el textura	59
Tabla 39. Datos de los ensayos de deshidratación del Tratamiento 1	60
Tabla 40. Datos de los ensayos de deshidratación del Tratamiento 2	62
Tabla 41. Datos de los ensayos de deshidratación del Tratamiento 3	64
Tabla 42. Datos de los ensayos de deshidratación del Tratamiento 4	66
Tabla 43. Datos de los ensayos de deshidratación del Tratamiento 5	68
Tabla 44. Datos de los ensayos de deshidratación del Tratamiento 6	70
Tabla 45. Ensayo de reconstitución para el tratamiento 1	72
Tabla 46. Ensayo de reconstitución para el tratamiento 2	73
Tabla 47. Ensayo de reconstitución para el tratamiento 3	75
Tabla 48. Ensayo de reconstitución para el tratamiento 4	76
Tabla 49. Ensayo de reconstitución para el tratamiento 5	77
Tabla 50. Ensayo de reconstitución para el tratamiento 6	79
Tabla 51. Comparación del sabor.....	80
Tabla 52. Resultados de la comparación del sabor.....	81
Tabla 53. Comparación color	81
Tabla 54. Resultados de la comparación del color	82
Tabla 55. Comparación del aroma	82
Tabla 56. Resultados de la comparación del aroma	82
Tabla 57. Comparación de la textura	83
Tabla 58. Resultados de la comparación de la textura	83
Tabla 59. Aceptabilidad	83
Tabla 60. Resultados de la aceptabilidad	84

Tabla 61. Análisis de varianza del Índice de absorción de agua.....	99
Tabla 62. Análisis de la varianza para el índice de solubilidad en agua .	100
Tabla 63. Análisis de varianza para el poder de hinchamiento	100

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMA

En el Ecuador, en estos últimos años se ha dado lugar a una exploración de productos novedosos, con una visión de industrialización y diversificación del mercado que trasciende fronteras. Según el Banco Central del Ecuador en el 2012 el país exportó 229,4 toneladas de frutas deshidratadas, lo que en dólares significaron USD 1,6 millones; esto indica que las frutas ocupan el primer lugar en productos deshidratados en el país.

La visión de industrialización no se ha puesto en práctica para productos tradicionales como el mote. No se ha incursionado en el desarrollo procesos que den un valor agregado a este alimento pre cocido. La tecnología y las técnicas necesarias para este fin son métodos por investigar; esta problemática da lugar a que en el país no se aprovechen todas las oportunidades de comercialización que tienen los productos, al no darles el valor agregado necesario.

En general, al no aprovechar las potencialidades de industrialización; se da origen al subdesarrollo de la industria agroalimentaria y se disminuye el consumo de alimentos tradicionales ancestrales, lo que va en contra de los postulados del Plan Nacional del Buen Vivir.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El maíz pelado o nixtamalizado cocido (mote), es un alimento propio de América Latina; su consumo viene desde las culturas pre-colombinas y data desde hace

más de 7 000 años. El proceso que se sigue para la obtención del mote de maíz confiere a este producto un alto valor nutritivo y cambios funcionales extraordinarios los cuales aportan un contenido energético y nutricional importante a la persona que lo consume.

Actualmente en el Ecuador, es consumido en mayor cantidad en provincias de la Sierra especialmente en Azuay, Cañar, Chimborazo, Imbabura y Tungurahua en las que el alimento forma parte importante de la dieta de las personas y es esencial de la gastronomía de cada sector.

En el presente proyecto se pretende deshidratar el mote de maíz blanco y suave, con una visión de industrialización, se establecerá un proceso de producción y se desarrollará un producto nuevo, que llevará al consumidor un mote de maíz conservado e inocuo listo para consumir en cualquier sitio y en cualquier momento.

De esta manera se incentivará la producción del maíz blanco fomentando la variabilidad genética, se promoverá su industrialización en una cadena productiva completa y se le brindará apertura a mercados nacionales y extranjeros.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un producto a base de mote de maíz deshidratado para reconstitución.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer parámetros técnicos para el tratamiento de la materia prima (remojo y cocción), y evaluar sus propiedades organolépticas (sabor, color, olor, y textura) y de humedad.
- Establecer un análisis comparativo de las curvas de deshidratación del Mote cocido.
- Evaluar la aceptabilidad sensorial del producto después de reconstituido.

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 HIPÓTESIS NULA

- El tiempo de remojo y de cocción del maíz nixtamalizado no influye en el proceso de deshidratación y reconstitución.

1.4.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA

- El tiempo de remojo y de cocción del maíz nixtamalizado influye en el proceso de deshidratación y reconstitución.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 MAÍZ

La planta de maíz (*Zea Mays*), es un cereal de tallo alto y macizo en forma de caña, el cual destaca por su inflorescencia femenina en forma de mazorca en la que se encuentran las semillas o granos. Esta planta es originaria de América, comenzó a ser cultivada por los nativos y posteriormente su cultivo fue difundido por el mundo con la llegada de los europeos. El maíz cuenta con una extensa variabilidad genética, las variedades se clasifican según la duración de su ciclo vegetativo y de acuerdo al color, forma y textura de los granos de la mazorca. Se han desarrollado variedades altamente productivas, resistentes a plagas, enfermedades y sequías, pero al costo de perder variabilidad genética (IICA, 2009)



Foto 1. Maíz (*Zea Mays*)

2.1.1 MAÍZ BLANCO

Es una variedad de maíz suave harinoso, que carece de pigmentos de aceite de carotina definiendo su color blanco característico, es utilizada mayormente en el consumo humano por ello en las décadas de 1920 y 1930 se convirtió en un alimento básico importante en el este y sur de África. Su método de cultivo es en gran medida igual al de otras variedades de maíz (FAO-CIMMYT, 2014).



Foto 2. Maíz blanco (*Zea mays* L.)

2.1.2 TAXONOMÍA

Tabla 1. Identificación taxonómica del Maíz (*Zea mays* L.)

División	Magnoliophyta
Clase	Liliatae
Subclase II	Amnielinidae
Orden 5	Cyperales
Familia 2	Gramineae (poaceae)
Subfamilia II	Panicoideae
Género	<i>Zea</i>
Especie	Mayz

2.1.3 PRODUCCIÓN DE MAÍZ BLANCO

Según la FAO-CIMMYT (2014), la producción mundial del maíz blanco se calcula en alrededor de 50 millones de toneladas anuales, cantidad que representa el 12 a 13% de la producción mundial de todos los tipos de maíz. En el Ecuador se produce mayormente en las provincias de Chimborazo, Tungurahua y especialmente en Bolívar, según el MAGAP, en el 2013 se produjeron 134000 toneladas de maíz blanco suave en una superficie de 58300 hectáreas. Bolívar es la provincia que produce la mayor cantidad de maíz blanco suave con una superficie de 35000 hectáreas lo cual representa el 60% de la producción nacional.

2.1.4 VALOR NUTRITIVO DEL MAÍZ BLANCO.

Tabla 2. Valor nutritivo de la variedad de maíz blanco.

Rubro	Porcentaje (%)
Humedad	10,43
Cenizas	1,78
Proteína	8,30
Extracto Etéreo	5,41
Aminoácidos	
Triptófano	0,04
Lisina	0,20

Fuente: (Espinoza & Crissman, 2007).

2.1.5 FORMAS DE CONSUMO DEL MAÍZ BLANCO

El maíz blanco, se consume en mayor cantidad en los países en vías de desarrollo. En América, su consumo es mayor en países como; México y la Región andina, su producción es exclusivamente para el consumo interno de cada país, así que el mercado internacional de este producto es reducido. Esta gramínea es cultivada exclusivamente para el consumo humano por su cantidad de aminoácidos como el triptófano y lisina. En el Ecuador, la forma más popular de consumo del maíz blanco es el mote, el cual forma una parte muy importante en la gastronomía, ya que está presente en los platos típicos que se ofrecen en ciertas provincias y también es consumido en forma de harinas para la panadería o para la elaboración de coladas muy nutritivas (TLC, 2004).

2.1.6 VARIEDAD INIAP-111 GUAGAL MEJORADO.

En el Ecuador, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ha desarrollado variedades mejoradas de maíz blanco. La variedad más difundida es el INIAP-111 Guagal mejorado, que posee mayores ventajas con respecto a otros guagales. Esta variedad fue desarrollada con la participación de técnicos y agricultores, se caracteriza por ser semi-tardía, de baja altura, con resistencia al acame (volcamiento de la planta), así como de buen rendimiento y una alta calidad de grano.



Foto 3. INIAP–111 Guagal Mejorado

Tabla 3. Descripción de la variedad

Tipo	Suave, precoz
Grano:	Blanco harinoso
Días a la Cosecha en seco	180
Cosecha en choclo	120 días
Altura de planta	250 cm
Altura a la mazorca	140 cm
Rendimiento	4500 – 10 900 kg/ha (100 – 242 qq/ha) en seco
Asociación con Fréjol	Si soporta
Altitud	De 1 700 a 2 650 msnm
Usos	Alimentación humana, en choclo y en grano seco
Zonas	Se cultiva en varias provincias de la Sierra, especialmente Loja

2.1.7 CULTIVO DEL 111-GUAGAL MEJORADO

Las labores culturales del cultivo de maíz, dependen del sistema de producción y el tipo de agricultura desarrollada o tradicional. Cada sistema de producción tiene formas distintas de cultivo, sin embargo; se pueden hacer algunas generalizaciones (IICA, 2009).

El cultivo de maíz blanco en el Ecuador se realiza mayormente en forma tradicional, se asocia el cultivo del maíz con fréjol y en muchos casos no se realiza rotación de siembras para proteger los suelos.

- Clima

El 111-Guagal mejorado, es una variedad que requiere una alta cantidad de agua, con temperaturas de 20-30°C en días soleados y noches frías llega a tener un mayor porcentaje de rendimiento, pero si una de estas condiciones llega a faltar; se prolonga el ciclo de cultivo produciendo pérdidas al agricultor.

- Suelos

La preparación del suelo consiste en el arado, rastrado y surcado. Se puede realizar de tres formas: manualmente, yunta de bueyes o tractor. Esta preparación se hace 2 meses antes para que los residuos de la anterior producción se descompongan y puedan ser aprovechados por las plantas nuevas. Se usa con bastante frecuencia fertilizantes nitrogenados, para preparar de mejor manera al suelo de cultivo. Se usan semillas de la producción anterior que tienen del 12 al 14% de humedad. Esto asegura un 98 al 100% de germinación (IICA, 1991).

- Labores de cultivo

Se toma en cuenta una densidad de población de 45000 plantas por hectárea (2 semillas por sitio de cultivo) las distancias que el MAGAP sugiere son: 90cm entre surcos, 50 cm entre sitios de cultivo, si se asocia el cultivo con frejol la distancia entre surcos cambia a 80cm con tres semillas de maíz y dos de fréjol por cada sitio de siembra.

- Control de malezas

Se aplican herbicidas selectivos después de la siembra o también se realiza la deshierba de forma manual, según la incidencia de las malezas.

- Cosecha

Se realiza cuando el maíz alcanza su estado “lechoso”, para usar como semilla se cosecha cuando ha alcanzado la madurez fisiológica; se da cuenta de esto cuando en la base del grano se observa una capa negra y para grano comercial se puede esperar más tiempo para que seque en el campo. Esto sucede por lo general a los 10 meses.

- Poscosecha

El grano cosechado debe ser secado, se realiza de dos formas: directamente al sol en patios grandes y también en máquinas específicas para secado de granos. Para una buena conservación el maíz, debe tener una humedad del 12 al 15% y permanecer en lugares frescos, secos y libres de plagas.

2.2 MOTE DE MAÍZ

Es una forma directa de consumo del maíz, comúnmente en la región Andina, sobre todo en Bolivia, Ecuador y Perú, data de hace más de 7000 años con las culturas precolombinas como los Incas. En Ecuador, la mayor demanda de éste producto se da en las provincias de Azuay, Cañar, Chimborazo y Tungurahua. El mote es muy apreciado por ser un producto de buen sabor, muy nutritivo y altamente energético (IICA, Agroindustria rural, 2008).



Foto 4. Mote de maíz blanco

2.2.1 PROPIEDADES NUTRICIONALES

El mote es un alimento altamente nutritivo, contiene una alta cantidad de carbohidratos (por cada 100 g. de mote hay 25g. de carbohidratos), por tal motivo es muy recomendable el consumo de éste alimento, en especial en deportistas y niños en crecimiento. No tiende a hacer que la persona engorde, ya que deja con sensación de saciedad y sin ganas de complementar su ingesta con otros alimentos (Redacción sociedad, 2010).

2.2.2 PLATOS TÍPICOS

Culturalmente, el mote tiene un lugar muy importante en la gastronomía en el Ecuador. Este alimento se sirve en una variedad amplia de platos propios de cada región del país, tales como: caldo de patas, cosas finas, es también base para platos típicos como el mote pillo o el mote sucio y es una excelente guarnición; acompañando platos muy populares como el hornado, la fritada, yahuarlocro, etc.



Foto 5. Platos típicos ecuatorianos

2.2.3 OBTENCIÓN DEL MOTE DE MAÍZ

El proceso de producción, que se aplica desde siempre al maíz para obtener el mote comienza con el grano recién cosechado, al cual se le remueve la cutícula o cáscara en un proceso denominado nixtamalización, después de la cual se cocina por un largo período de tiempo hasta que un alto porcentaje de los granos se abran dejándolo así suave y comestible con un sabor agradable.

2.2.3.1 Nixtamalización

Se denomina nixtamalización a la transformación que se le da al maíz, pelando o retirando el pericarpio en un proceso químico, el maíz se cuece en una solución alcalina (ceniza, cal, etc.), se pela a mano y se seca al sol, dicho proceso influye en la composición química del maíz modificando su contenido de nutrientes, producto de esto queda un grano blando que se denomina maíz pelado o nixtamalizado. La nixtamalización es un proceso muy antiguo que han heredado culturas precolombinas como los mayas aztecas e incas, se especula que ellos llegaron a desarrollar ésta técnica a base de prueba y error hasta determinar que era apropiado darle este tratamiento al maíz, sin embargo el nombre

nixtamalización es aplicado desde hace unos años (IICA, Agroindustria rural, 2008).

- Proceso de nixtamalización

Según Cordero (2012), el proceso de nixtamalización optimizado para el grano de maíz blanco se debe hacer con hidróxido de calcio (cal P-24), a una concentración de 5% durante 40 minutos de cocción para obtener un alto porcentaje de remoción de la cutícula del grano o pericarpio.

2.2.3.2 Cocción

El mote es un alimento muy apreciado, pero llegar a disponer de unos granos suaves, comestibles, y listos para servir, hay que llevar el maíz nixtamalizado o pelado a un proceso de cocción que dura de 6 a 7 horas de hervor hasta que los granos hayan reventado abriéndose como rosetas. Para darse cuenta de lo que sucede en el proceso de cocción hay que conocer la estructura del grano de maíz y su contenido.

- Almidón de maíz

Es un glúcido de reserva, la fuente de calorías más importante del maíz y desde el punto de vista nutricional es un constituyente imprescindible. El almidón es una mezcla de polisacáridos, la amilosa y la amilopectina; el primero es producto de la condensación de la glucosa por enlaces glucosídicos que establecen largas cadenas lineales con 200-500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón; es decir, la amilosa es una α -D-(1,4)-glucana, tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal fig.6, en la que cada vuelta de hélice consta de 6 moléculas de glucosa (Badui, 2013).

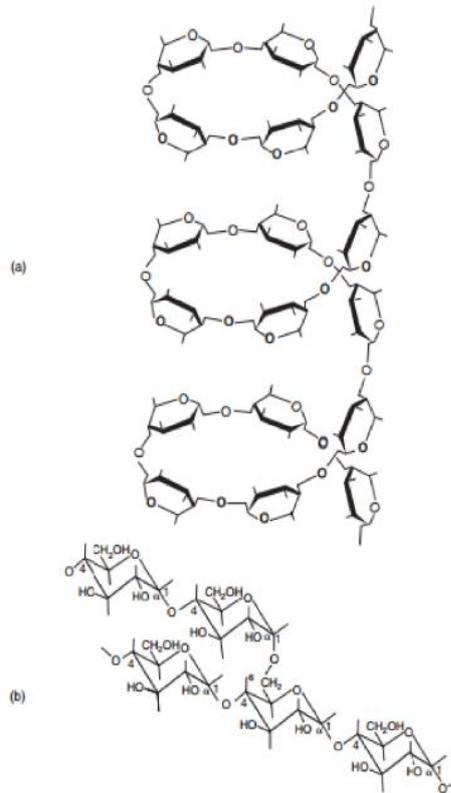


Figura 1. a) Enrollamiento helicoidal de la amilosa b) estructura química de la amilopectina

- Gelatinización o de almidones

La gelatinización o gelificación es la ruptura de la estructura granular del almidón, sobresaliendo el hinchamiento, la hidratación y solubilización de las moléculas de almidón, el proceso se inicia a 71°C y se mide de acuerdo a la pérdida de birrefringencia o con un viscoamilógrafo Brabender, cuando el almidón es cocido. El comportamiento del flujo cambia marcadamente a medida que la suspensión se va transformando en una dispersión de gránulos hinchados parcialmente desintegrados, el agua que ingresa al granulo aumenta en gran medida su tamaño, pudiendo llegar no solo a romper a éste sino incluso al alimento en sí (caso del mote de maíz), (Rodriguez, 2008).

En la gelatinización del almidón los gránulos se hinchan y retienen un máximo de agua hasta que se rompen y producen una dispersión de moléculas de amilosa y amilopectina.

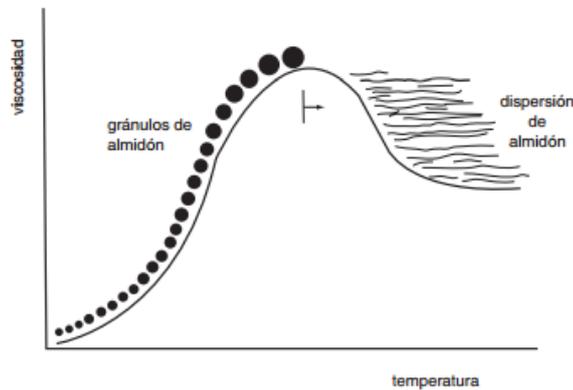


Figura 2. Gelatinización del almidón

- Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento.

Técnica usada (Anderson et al., 1969)

La determinación de estos índices se mide aprovechando la capacidad de absorción del agua del gránulo de almidón conforme avanza la cocción.

Los almidones de buena calidad con alto contenido de almidón gelatinizado y alta viscosidad de la pasta, tendrán una baja solubilidad, alta absorción de agua y un alto poder de hinchamiento, si existe alta solubilidad, baja absorción de agua y bajo poder de hinchamiento indican un almidón crudo, el cual al enfriarse produce pastas delgadas y de poca estabilidad cuando se enfrían.

Como referencia el índice de absorción de agua (IAA) en el almidón de yuca varía entre 0,82 cuando está cruda y 15,52 g gel/g muestra gelatinizada; el índice de solubilidad en agua (ISA) entre 0,27 cuando esta cocinado-12,32% cruda y el poder de hinchamiento (PH) entre 0,79 cruda y 15,45 cocida.

- Pre-gelatinización de Almidones

Los almidones pre gelatinizados son obtenidos por deshidratación de soluciones gelatinizadas o de productos gelatinizados, se rehidratan bien ya que su estructura de gránulos de almidón rotos permite el flujo de agua más fácilmente (Rodríguez, 2008).

- Retrogradación

El almidón gelatinizado no se encuentra en equilibrio termodinámico. Por lo tanto con paso del tiempo se va a producir la re asociación progresiva de las moléculas de amilosa y amilopectina en una estructura cristalina. La amilosa retrograda más rápidamente pero es liberada del gránulo de almidón, mientras que la retrogradación de la amilopectina es un fenómeno a largo plazo que se produce de forma gradual en el almacenamiento de productos amiláceos. La estructura cristalina de la amilopectina retrógrada se pierde después del recalentamiento a aproximadamente 70°C hasta los 145°C, lo que indica que entre más tiempo retrograde un producto amiláceo más difícil será volver a gelatinizar su almidón (FAO, 2013).

El envejecimiento del pan se da por la retrogradación, esto es porque durante el horneado, parte de la amilosa se difunde fuera del granulo de almidón y retrograda en el momento de su enfriamiento, de tal manera que los restos de granulo (ahora ricos en amilopectina) se ven rodeados por moléculas del polímero lineal que se asocian con puentes de hidrógeno; se considera que el envejecimiento se debe a la asociación de cadenas de amilopectina dentro del granulo, después de haber perdido parte de amilosa (Soriano, 2010).

Los aditivos anti retrogradación más usados en la industria son:

- Hidrocoloides.- retienen humedad.
- Pentosanos.- retienen humedad y evita el endurecimiento.
- Gluten.- reduce la dureza
- Monoglicéridos y surfactantes.- Estearoil lactilato de sodio, evita la asociación con puentes de hidrógeno en el almidón.

2.3 DESHIDRATACIÓN

Desde la antigüedad, se ha reconocido que los alimentos con mayor contenido de humedad son los mayormente perecederos, de tal manera que, al disminuir el contenido de humedad en un producto se puede conservar por más tiempo. Este

proceso se denomina deshidratación; consiste en remover al máximo el agua contenida dentro de los tejidos vegetales, según Sandoval (2005), la deshidratación tiene alguna acción de lavado y en ocasiones hace al material, firme duro y posiblemente quebradizo.

2.3.1 DESHIDRATACIÓN DE PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS

La deshidratación o secado de alimentos, es una de las operaciones unitarias más utilizadas en la conservación de los mismos. En los procesos de deshidratación, el agua del alimento es eliminada, en mayor o menor grado y se consigue con ello una mejor conservación microbiológica, además de retardar muchas reacciones indeseables. Este tipo de conservación del alimento tiene una gran importancia, ya que también se logran disminuir los costes de envasado, manejo, almacenamiento y transporte, porque el peso y el volumen del alimento disminuyen. Según Barbosa, Vega, & Ibarz (2000) los términos de secado y deshidratación se utilizan como sinónimos, en realidad no debería ser así, ya que se considera que un alimento está deshidratado si no contiene más del 2,5% de agua, mientras que uno seco puede contener más del 2,5%.

En el proceso de secado, es importante conocer los mecanismos involucrados en el movimiento del agua en el interior y en el exterior del alimento. Este movimiento puede ser debido a fuerzas capilares, difusión de agua por gradientes de concentración, difusión en la superficie, difusión del vapor de agua en los poros llenos de aire, flujo debido a gradientes de presión y a la vaporización y condensación de agua (Ibarz & Barbosa, 2005).

2.3.2 TÉCNICAS DE ELIMINACIÓN DE AGUA EN PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS

El proceso de deshidratación de alimentos, se puede llevar a cabo por diferentes métodos, mecánicos y físico-químicos, aquí algunos:

- Prensado.- comprimiendo el producto hasta que el agua contenida en el drene.
- Centrifugación.- haciendo girar al producto a una alta velocidad.

- Evaporación superficial.- haciendo al producto pasar aire caliente y así evaporando el líquido.
- Ósmosis.- Sumergiendo al producto en una solución sea esta de sal o azúcar.
- Liofilización.- el secado en frío con una presión de vacío.
- Congelación.- en este proceso también hay un proceso de desecado.

De las técnicas nombradas anteriormente, las más utilizadas son: la evaporación superficial (secado por aire caliente, secado al vacío y secado por microondas), la deshidratación osmótica (convencional, al vacío o por pulsos de vacío) y la liofilización. En ocasiones estas técnicas se combinan obtener un producto (deshidratación osmótica + secado por aire caliente), o bien constituyen operaciones previas o pre tratamientos en un proceso como por ejemplo: deshidratación osmótica como pre tratamiento para la elaboración de mermeladas (Fito, Andrés, Barat, & Albors, 2011).

2.3.3 OBJETIVOS DE LA DESHIDRATACIÓN

El primer objetivo de la operación de secado, en cuanto a aumentar la estabilidad del producto se define en términos de depresión de la actividad de agua (a_w) y no en términos del contenido de humedad, puesto que la a_w puede ser considerada una medida indirecta del agua que está disponible en un producto para participar en las reacciones de deterioro. Ajustando la a_w y eligiendo el envase adecuado puede alargarse la vida útil de un alimento sin necesidad de refrigeración durante el almacenamiento. La deshidratación conlleva además la reducción de peso y volumen en el producto que se deshidrata, consiguiéndose una importante reducción de los costes de transporte y almacenamiento. Otro de los objetivos que se persiguen con la deshidratación de alimentos es la transformación de éstos en materias primas adecuadas para el mezclado y formulación de nuevos productos, como es el caso de sopas deshidratadas, frutas y cereales para el desayuno, etc (Fito, Andrés, Barat, & Albors, 2011).

2.3.3.1 Actividad de Agua (a_w)

Es la relación entre la presión parcial de vapor de agua del producto y la presión parcial del vapor del agua pura a la misma temperatura. No hay que confundir la actividad de agua y la humedad relativa de un producto. Algunos autores consideran que un equilibrio termodinámico de ésta naturaleza no se alcanza nunca en un alimento. Los valores de a_w que se obtienen en los alimentos no deben considerarse nunca como absolutos. La a_w de un producto proporciona información sobre la disponibilidad tanto como solvente como reactivo. De ésta forma la a_w tiene gran importancia, para valorar la estabilidad de los alimentos tras procesos de transformación y durante su almacenamiento (Jeantet, Croguennec, Schuck, & Brulé, 2006).

Actividad Acuosa (20°C) en alimentos: Frutas frescas 0.97, verduras frescas 0.97, jugos de fruta 0.97, huevo 0.97, carne fresca 0.97, filete de pescado 0.97, leche fresca 0.97, queso fresco 0.96, pan 0.96, mermeladas 0.86, frutas secas 0.80, miel de abeja 0.75, galletas 0.10, cereales 0.10, azúcar 0.10

2.3.3.2 Isotermas de adsorción de la harina de maíz.

La isoterma de un producto relaciona gráficamente, a una temperatura constante, el contenido en humedad de equilibrio de un producto con la actividad termodinámica del agua del mismo, ya que en el equilibrio, este último parámetro es igual a la humedad relativa del aire que rodea al producto. Las isotermas son importantes para el análisis y diseño de varios procesos de transformación de alimentos, tales como secado, mezcla y envasado de los mismos. Además son importantes para predecir los cambios en la estabilidad de los alimentos y en la elección del material de empaque adecuado (Vega, Lara, & Lemus, 2006).

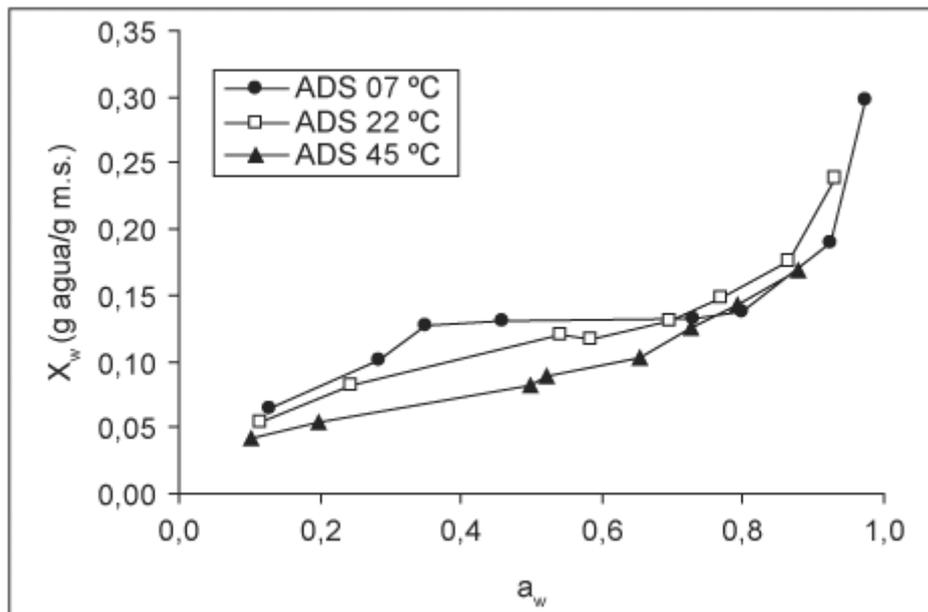


Figura 3. Isoterma de adsorción de la harina de maíz a tres temperaturas

2.3.4 DEFECTOS DE LA DESHIDRATACIÓN

Cuando el proceso de deshidratación no se lleva a cabo correctamente, se pueden provocar cambios indeseables en los alimentos (cada alimento tiene su método y condiciones de secado).

- El alimento no se logra reconstituir correctamente, en el caso de alimentos en polvo se necesita que se reconstituya en forma instantánea y completa tanto en líquidos calientes como en fríos.
- Pérdida de aromas y componentes volátiles de los alimentos que incluyen sabores propios y característicos de los alimentos, debido a altas temperaturas o tiempos prolongados de secado.
- Pérdidas del valor nutritivo que tienen lugar en los pre tratamientos de lavado, pelado, troceado.

2.3.5 DESHIDRATACIÓN POR AIRE CALIENTE

En el proceso de deshidratación, se da lugar a la transferencia de calor de distintos mecanismos como son: convección cuando el producto está en contacto con el aire caliente y conducción cuando el producto está en contacto con la bandeja del deshidratador. Para tener un proceso de secado eficiente, se requiere establecer las

condiciones básicas como son: temperatura, humedad relativa del aire de secado, flujo de aire, tamaño y forma del producto (Corpoica, 2015).

2.3.5.1 Temperatura

La temperatura, es un parámetro básico en el proceso de deshidratación por aire caliente, el incremento de este parámetro aumenta la difusividad del agua dentro del material, acelerando de esta forma el proceso. Se debe tomar en cuenta las características físicas de la materia prima ya que con altas temperaturas, el producto se puede deteriorar, presentando; pardeamiento, una formación de costra superficial, gelatinización de los productos que presentan alto contenido de almidones y pérdidas de compuestos volátiles (aroma, sabor).

2.3.5.2 Tiempo de secado

El tiempo de secado depende en gran medida de la cantidad de aire caliente que pasa por el material, por lo tanto; es preciso establecer la cantidad de materia prima que se requiere secar por unidad de tiempo y dimensionar el flujo de aire que se requiere para tal fin.

2.3.5.3 Forma y tamaño del alimento

El secado de un trozo delgado de material, es inversamente proporcional al cuadrado del espesor de la pieza. Esta relación está basada en el hecho de que presenta una mayor resistencia para remoción de la humedad en las áreas internas, que en las áreas externas. Como consecuencia se puede disminuir el tiempo de secado, si se tiene unos tamaños de partículas adecuados.

2.3.6 LA DESHIDRATACIÓN COMO OPERACIÓN UNITARIA

Los cálculos de secado están basados en el conocimiento de las propiedades del alimento y del aire. El fenómeno es complejo pues involucra procesos combinados de transferencia de calor y masa. Por la gran variedad de materiales que se secan por medios industriales, la teoría del secado es amplia. Depende de la forma, del tamaño, de la humedad de equilibrio, del mecanismo del flujo de humedad a través del sólido y del método utilizado para el suministro de calor (Barbosa, Vega, & Ibarz, 2008).

2.3.7 PSICROMETRÍA DEL SECADO

Según De Lucas (2004), la psicrometría estudia las propiedades termodinámicas de las mezclas gas-vapor, en casi todas las operaciones de secado, el agua es el líquido a evaporarse y el aire es el gas de purga que se emplea comúnmente. Para fines de secado se ha encontrado un diagrama psicrométrico de gran utilidad. Es un diagrama de humedad que muestra las características de humedad del aire. Estas curvas son representaciones gráficas de la relación entre temperatura y humedad del vapor de agua en el aire en un sistema a presión constante. Las temperaturas y volúmenes específicos se muestran en el eje horizontal, y en el eje vertical la humedad absoluta y la presión de vapor (De Lucas, 2004).

2.3.8 ESTÁTICA DEL SECADO

- Humedad del sólido.- Es la cantidad de agua que acompaña al sólido seco y se expresa sobre base seca o base húmeda. En los cálculos de secado es más práctico trabajar sobre la base seca ya que permanece constante a lo largo del proceso.

$$\frac{\text{kg humedad}}{\text{kg sólido seco}}$$

- Humedad de Equilibrio.- Es aquella humedad límite del sólido que alcanza cuando se encuentra en contacto durante un tiempo suficiente con aire de temperatura y humedad determinadas y constantes; es decir que el sólido al estar inmerso en éste ambiente alcanza las condiciones de equilibrio entre sólido húmedo y el aire que lo rodea.
- Cuerpos húmedos y cuerpos higroscópicos.- Para una temperatura determinada, la presión de vapor del agua contenida en el sólido húmedo aumenta con su humedad para todas las sustancias, hasta alcanzar el valor de la tensión de vapor del agua pura a la temperatura considerada. Se llama sólido higroscópico cuando la presión de vapor del agua que acompaña al sólido es menor que la tensión de vapor del agua a la misma temperatura. Y si esta presión de vapor del agua del sólido es igual que la tensión de vapor, se llama sólido húmedo.

- Humedad libre.- Es la diferencia entre la humedad del sólido y la humedad de equilibrio con el aire en las condiciones dadas: $F=X - X^*$. Es la humedad que puede perder el sólido después de un tiempo de contacto con el aire en las condiciones dadas y constantes.
- Humedad ligada o agua ligada.- Es el valor de la humedad de equilibrio del sólido en contacto con aire saturado; o bien la humedad mínima del sólido necesaria para que este deje de comportarse como higroscópico.
- Humedad desligada o agua desligada.- Es la diferencia entre la humedad del sólido y la humedad ligada; o bien la humedad libre del sólido en contacto con aire saturado. Si el sólido tiene humedad desligada se comportará como húmedo.
- Humedad crítica.- La humedad crítica de un sólido es el punto que separa los dos períodos de secado antecrítico y pos crítico.

2.3.9 CINÉTICA DEL SECADO

La curva del secado, se define como la pérdida de humedad del sólido húmedo por unidad de tiempo. El proceso se realiza con aire en condiciones constantes; temperatura, presión, humedad y velocidad.

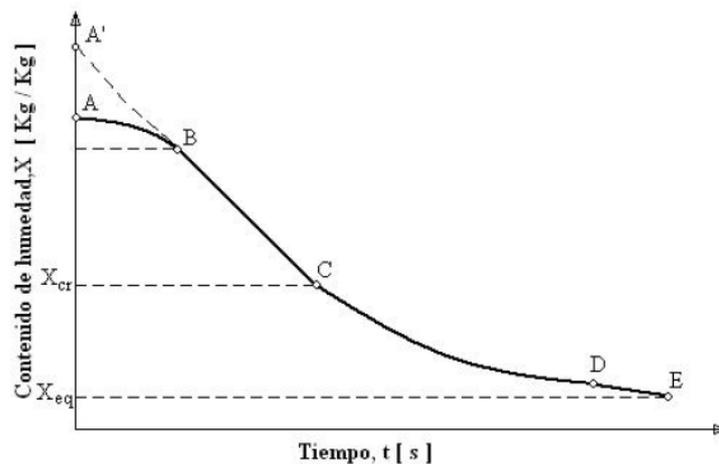


Figura 4. Curva de secado de productos agroalimentarios

2.3.10 CURVA DE VELOCIDAD DE SECADO.

- Período de inducción (A-B), cuando el producto se coloca en el deshidratador, empieza a absorber calor e incrementa su temperatura hasta alcanzar la temperatura establecida en el equipo para el secado. En ésta etapa existe evaporación, pero no es significativa. En ésta etapa la temperatura de bulbo húmedo del aire secante será igual a la temperatura alcanzada.
- Período de velocidad constante (B-C), en este período se produce una importante transferencia de agua a velocidad constante, en esta etapa la temperatura va a permanecer constante siempre y cuando haya una capa restante de humedad en el sólido, el sólido está sumergido en una película de agua que es la humedad no ligada (**Orrego, 2013**). Esta etapa finalizará al alcanzar la humedad crítica.
- Posteriormente existen uno o varios períodos de velocidad de secado decreciente (CD). La humedad crítica suele estar claramente identificada debido al cambio brusco de la pendiente en la curva de velocidad de secado.

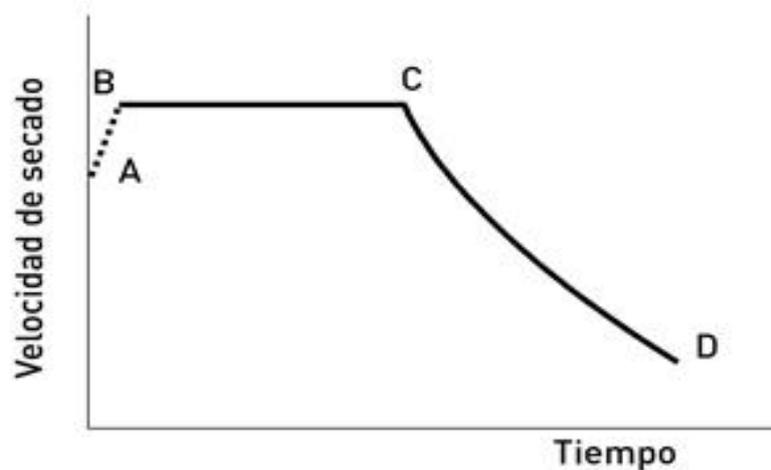


Figura 5. Curva de secado

2.3.11 MECANISMOS DEL SECADO

Durante el secado es necesario separar tanto la humedad que existe sobre la superficie como la del interior del sólido y para ello se fundamentan los mecanismos de transferencia de calor y de materia de acuerdo a los períodos de secado.

Tabla 4. Mecanismos del secado

PERÍODOS	MECANISMOS	
	CALOR	MATERIA
ANTECRÍTICO	<ul style="list-style-type: none">- Convección- Conducción	<ul style="list-style-type: none">- Evaporación- Difusión del líquido
POSTCRÍTICO	<ul style="list-style-type: none">- Radiación	<ul style="list-style-type: none">- Difusión del vapor- Difusión capilar

2.3.12 SECADOR DE BANDEJAS O DE ARMARIO.

El secador que se va a utilizar en la experimentación, dispone de bandejas sobre las cuales se ubica la materia prima, en las que se expone a la misma a una corriente de aire caliente.

El aire circula sobre la superficie del producto a relativamente alta velocidad para aumentar la eficacia de la transmisión de calor y de la transferencia de materia.



Foto 6. Secador de bandejas

2.4 REHIDRATACIÓN

La rehidratación de un alimento, es básicamente la devolución del agua que se ha retirado en un proceso de deshidratación, para que este proceso se pueda realizar eficientemente el alimento que vaya a ser deshidratado y posteriormente reconstituido debe poseer una estructura porosa, libre de barreras impermeables. Muchos alimentos deshidratados sean enteros, troceados o pulverizados tienen que ser otra vez hidratados para su consumo o uso en procesos posteriores, por eso el estudio de la transferencia de materia en la rehidratación es importante, el producto no solo debe reconstituirse rápidamente sino que debe tener características lo más parecidas al fresco (Barreto, 2010).

La rehidratación no es un proceso de deshidratación a la inversa ya que ambos procesos son completamente distintos ya que sus mecanismos de transferencia de masa dependen de factores distintos, el método más utilizado para rehidratar alimentos es sumergirlo en agua o solución rehidratante y posteriormente aumentar la temperatura para reducir el tiempo de rehidratación. Este proceso se puede considerar como una medida del daño que sufre el producto en la deshidratación, en algunos casos la velocidad de rehidratación sirve como medida de la calidad del producto deshidratado (Marín, Lemus, Flores, & Vega, 2006).

2.4.1 FENÓMENO DE LA REHIDRATACIÓN

En la rehidratación existen tres procesos simultáneos:

1. La absorción de agua dentro del material deshidratado,
2. La lixiviación de solutos y
3. El hinchamiento del material

El cambio de volumen del producto deshidratado es proporcional a las cantidad de agua absorbida, aumentado o recuperando su tamaño y volumen inicial.

Las variables operacionales del secado (temperatura, velocidad de aire, humedad relativa y tiempo) afectan significativamente la calidad final del producto rehidratado, por lo que es común utilizar índices numéricos para observar este efecto, entre estos indicadores destacan la capacidad de rehidratación (ecuación 1)

y la capacidad de retención de agua (ecuación 2), que tienen que ver con la estructura, el tejido y la capacidad de mantener el agua absorbida por el alimento. Estos índices pueden disminuir o aumentar, ya sea por una desnaturalización y/o agregación de proteínas bajo el efecto calor, concentración de sales, desorción de agua, destrucción de pectinas y membranas celulares.

Ecuación 1 Capacidad de rehidratación

$$CR = \frac{\textit{Contenido de agua absorbida}}{\textit{masa de la muestra deshidratada}}$$

Ecuación 2 Capacidad de retención de agua

$$CRA = \frac{\textit{Contenido de agua retenida}}{\textit{materia seca de la muestra deshidratada}}$$

2.4.2 FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL PROCESO DE REHIDRATACIÓN

Dentro de los factores que influyen en los mecanismos de transferencia de materia ocurridos durante el fenómeno de rehidratación de alimentos, están los factores extrínsecos e intrínsecos.

2.4.2.1 Factores extrínsecos del proceso de rehidratación

- Pre-tratamiento al secado: Tratamientos químicos (dióxido de azufre) y físicos (sacarosa).
- Método de secado: los diferentes tipos o sistemas de secado son la principal causa que pudiese afectar la rehidratación del producto deshidratado.
- Temperatura y velocidad de secado: se ha observado que altas temperatura de secado implican un menor tiempo de rehidratación, pero los índices de calidad del producto final presentan cambios muy variables con respecto al producto fresco, como son la textura y el color, dejando ver que la temperatura de secado es uno de los principales factores que influyen sobre la calidad del producto rehidratado.
- Temperatura de almacenamiento: durante el almacenamiento se va perdiendo calidad de los productos deshidratados (color, aroma, textura), además aparecen reacciones de pardeamiento no-enzimático (Barreto, 2010).

2.4.2.2 Factores intrínsecos del proceso de rehidratación

- Líquido de rehidratación: La velocidad de rehidratación es mayor en un medio como el agua, en cambio es menor por ejemplo en soluciones azucaradas, leche o yogurt, debido a la elevada viscosidad que presentan éstas, sin embargo, estas últimas pueden transportar sólidos de importancia nutritiva al producto como vitaminas, proteínas, minerales, entre otros.
- La temperatura de la solución de rehidratación: Con el aumento de la temperatura del medio de rehidratación se incrementó la velocidad del proceso, debido principalmente al aumento de la difusividad de agua y de solutos, otorgando así una reducción sustancial del tiempo de rehidratación.
- Agitación durante la rehidratación: la generación de turbulencia en el medio de rehidratación logra una mayor homogenización, aumentando la entropía del sistema y la facilidad del intercambio de materia (agua y solutos), siempre teniendo en cuenta la velocidad de agitación.
- Características del producto: antes de aplicar rehidratación a alimentos deshidratados, se deben conocer las características del alimento en su estado fresco y deshidratado, ya que las propiedades físico-químicas, mecánicas (microestructurales), sensoriales y nutricionales, cambian considerablemente de un producto fresco a deshidratado, de tal manera que estos factores determinan el comportamiento de los alimentos en el proceso de rehidratación.

2.5 EMPAQUE

Los empaques de productos deshidratados, buscan en su mayoría cuidar al producto de la humedad que está en el ambiente y en algunos casos de la luz ultravioleta, las cuales pueden alterar las características del producto y así reducir su vida útil.

2.5.1 PELÍCULAS DE CELULOSA

La celulosa natural, es una película brillante y transparente que se fabrica a partir del tratamiento químico de la pulpa del papel de sulfito. No tiene olor ni sabor y es biodegradable a partir de los cien días, aproximadamente. Esta película

proporciona una mejor protección contra la humedad y el aire que el polietileno. Cuando se recubre con laca, la película de celulosa es sellable al calor. Éste material se conoce como papel celofán. El uso de celofán a gran escala está disminuyendo, pero en pequeña escala puede ser útil por sus propiedades de sellado al calor (Boateng & Axtell, 2003).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se llevó a cabo en las unidades edu-productivas, específicamente en el laboratorio de deshidratación de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.

Los análisis físico-químicos se realizaron en el laboratorio de control de calidad de la Universidad Técnica del Norte.

Tabla 5. Descripción del lugar a realizarse la investigación

Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	El Sagrario
Lugar	Unidades edu-productivas FICAYA
Altitud	2250 m.s.n.m.
Latitud	0°20'
Longitud	78°08' oeste
Temperatura promedio anual	20°C
Humedad relativa promedio	73%
Pluviosidad	50,3mm/año

Fuente. Departamento de meteorología del Ilustre Municipio de Ibarra.

3.2 MATERIALES

3.2.1 MATERIA PRIMA

- Maíz blanco nixtamalizado.

3.2.2 MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO

Los materiales utilizados en la investigación, fueron de uso común en las cocina y también se utilizaron equipos de laboratorio específicos para el procesamiento de los resultados, mismos que se describen en la siguiente tabla.

Tabla 6. Materiales y equipo

Materiales	Equipos de laboratorio
Ollas	Secador de bandejas
Estufa	Termómetros
Agitador	BALANZAS
Cucharón	Balanza precisión 1g.
Cilindro de gas	Balanza precisión 5g.
Tamices	Balanza analítica 0,1mg
Bandejas de acero inoxidable	Anemómetro
Empaques	Molino de granos
	Centrífuga mrc de 6 tubos
	Baño María Raypa
	Agitador vortex mrc
	Estufa de memmert
	Disecador
	Temporizador

3.3 MÉTODOS

3.3.1 PARÁMETROS TÉCNICOS PARA EL TRATAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

Dentro de los parámetros utilizados para la realización de esta investigación, se tomaron en cuenta como los más importantes; los procesos de remojo y cocción, que influyen directamente en la reconstitución final del producto.

3.3.1.1 Factores

Para ésta investigación se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con tres repeticiones y un arreglo factorial AxB, donde A representa el tiempo de remojo del grano de maíz nixtamalizado previo a la cocción, el cual se llevó a cabo a temperatura ambiente y B representa el tiempo de cocción del maíz nixtamalizado el cual fue a temperatura de ebullición.

Factor A: Remojo del grano de maíz nixtamalizado (pelado) (a T° agua ambiente 12°C)

Factor B: Tiempo de cocción (a ebullición 93°C)

Los factores en estudio se describen a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 7. Factores

Factores		Simbología	
FA	Remojo 12°C	A1	10h
		A2	12h
FB	Tiempo de cocción 93°C	B1	5:30h
		B2	6:00h
		B3	6:30h

Se obtuvieron 6 tratamientos resultantes de la combinación de los factores los cuales se detallan a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 8. Descripción de los Tratamientos

Número	Tratamiento	Descripción
T1	A1B1	10 horas de remojo, 5:30 horas de cocción
T2	A1B2	10 horas de remojo, 6:00horas de cocción
T3	A1B3	10 horas de remojo, 6:30 horas de cocción
T4	A2B1	12 horas de remojo, 5:30 horas de cocción
T5	A2B2	12 horas de remojo, 6:00 horas de cocción
T6	A2B3	12 horas de remojo, 6:30 horas de cocción

Características del Experimento

- Tratamientos: 6
- Repeticiones: 3
- Unidades experimentales: 18

Características de la unidad experimental

Se manejaron 300g. de maíz nixtamalizado por cada unidad experimental.

3.3.1.2 Análisis de varianza (ADEVA)

Tabla 9. Adeva

FUENTE DE VARIACIÓN	GL
Total	17
Tratamientos	5
Factor A (Remojo)	1
Factor B (Cocción)	2
AXB	2
Error experimental	12

3.3.1.3 Análisis funcional

Para las pruebas no paramétricas se utilizaron las pruebas de Friedman.

3.3.1.4 Variables de respuesta

Variables Paramétricas.

- Índice de absorción de Agua
- Índice de solubilidad de agua
- Poder de hinchamiento

Se determinó según el método (Anderson 1969), con algunas modificaciones, en el cual se pesaron 2,5g. de maíz de mote cocido deshidratado, se trituro la muestra en 30 ml de agua destilada a 30°C, en un tubo de centrifuga de 50ml. Se agito la muestra durante 30 minutos despues de lo cual se centrifugo por 15 minutos a 3000 rpm. Se extrajo y se peso el sobrenadante con cuidado y se determino el peso del residuo solido. El sobrenadante fue desecado en una estufa a 105°C hasta peso constante:

- **Índice de absorción de agua (IAA).**- Es la relación entre el peso del residuo de centrifugación y el peso seco de la muestra, al que se le resta el peso del residuo sobrenadante:

$$IAA = \frac{\text{Peso del residuo de centrifugación}}{\text{Peso seco de la muestra}}$$

- **Índice de solubilidad en agua (ISA).**- Es la relación entre el peso del residuo de evaporación y el peso de la muestra.

$$ISA = \frac{\text{Peso del residuo de evaporación}}{\text{Peso seco de la muestra}} * 100$$

Poder de Hinchamiento (PH).- Es la relación entre el peso del residuo de centrifugación y la diferencia del peso seco de la muestra y el residuo de evaporación.

$$PH = \frac{\text{Peso del residuo de centrifugación}}{\text{Peso seco de la muestra} - \text{Peso del residuo de evaporación}}$$

Variables no paramétricas

Pruebas cualitativas (Friedman).- Estas pruebas se llevaron a cabo al producto recién cocido, para así evaluar sus propiedades en lo que respecta al sabor, color, olor y textura.

Para el análisis sensorial se utilizaron 15 catadores.

Se evaluó:

- Sabor.- Para la evaluación del sabor, se tomó una muestra de mote recién cocido y se la evaluó en 5 niveles.

Tabla 10. Evaluación sensorial del sabor

VALORACIÓN	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	TRATAMIENTOS					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	Muy desagradable						
2	Poco desagradable						
3	Ni agrada ni desagrada						
4	Poco agradable						
5	Muy agradable						

Su valoración fue: uno para la calificación más baja (Muy desagradable) y 5 para la calificación más alta (Muy agradable).

- Color.- Para la evaluación del color, se tomó una muestra de mote recién cocido. Esta prueba está enfocada a determinar si el proceso de cocción ocasionó un cambio de color en el producto.

Tabla 11. Evaluación sensorial del color

VALORACIÓN	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	TRATAMIENTOS					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	Amarillo						
2	Ligeramente amarillo						
3	Ligeramente blanco						
4	Blanco						

La valoración fue del 1 al 4 donde: uno va a condicionar al valor más bajo (amarillo) y 5 va ser la calificación más alta (blanco).

- Aroma.- Para la evaluación del aroma, se tomaron muestras de mote recién cocido, para saber la aceptabilidad del consumidor.

Tabla 12. Evaluación sensorial del aroma

VALORACIÓN	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	TRATAMIENTOS					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	Muy desagradable						
2	Poco desagradable						
3	Ni agrada ni desagrada						
4	Poco agradable						
5	Muy agradable						

La valoración fue: 1 para la calificación más baja (Muy desagradable) y 5 para la calificación más alta (Muy agradable).

- Textura.- Para la evaluación de la textura, se tomaron muestras de mote recién cocido, para conocer cuál de los tratamientos es más aceptado con respecto al gusto del consumidor.

Tabla 13. Evaluación sensorial de la textura

VALORACIÓN	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	TRATAMIENTOS					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	Muy desagradable						
2	Poco desagradable						
3	Ni agrada ni desagrada						
4	Poco agradable						
5	Muy agradable						

La valoración fue: 1 para la calificación más baja (muy desagradable) y 5 para la calificación más alta (muy agradable).

3.3.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CURVAS DE SECADO

Se determinaron las propiedades del aire ambiente y las propiedades del aire que circula dentro del deshidratador.

Se utilizó para esto un deshidratador de bandejas y el producto se sometió al contacto de aire caliente, el cual arrastró el contenido de humedad del mismo.

Para obtener los datos y realizar las curvas de deshidratación, se obtuvieron valores de humedad del producto al ingreso al deshidratador y el peso, así cada cierto tiempo sacar la bandeja e ir pesando el producto y conocer la cantidad de agua que va liberando.

Se elaboraron dos tipos de curvas: la primera es de contenido de humedad versus el tiempo transcurrido y la segunda curva es la de velocidad de deshidratación versus el contenido de humedad.

3.3.2.1 Condiciones del aire utilizado en la deshidratación

-Propiedades Psicrométricas del aire en condiciones ambientales

Se tomaron valores de temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo antes de poner a trabajar el equipo de deshidratación cada día en cada repetición y se promediaron dichos valores.

Tabla 14. Datos de temperatura del aire ambiente

Día	Repetición	Temperatura bulbo seco °C	Temperatura de bulbo húmedo °C
1	1	21	18
2	2	20	18
3	3	24	19
	∑	65	55
	X=	21,7	18,3

El aire que ingresa en el equipo deshidratador es ambiental y tiene las siguientes características psicrométricas.

-Propiedades Psicrométricas del aire a 80°C

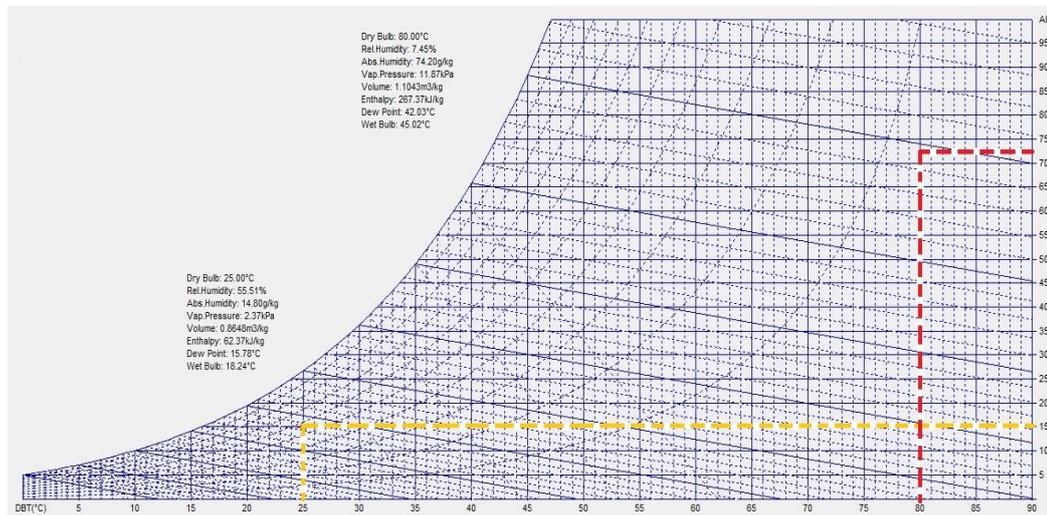


Figura 6. Tabla Psicrométrica a 2250msnm (77,06 KPa)

Tabla 15. Propiedades psicrométricas del aire en condiciones ambientales

Bulbo seco	21,7°C
Humedad relativa	75,19%
Humedad absoluta	16,3 g H ₂ O/kg aire
Presión de vapor	2,61 KPa
Volumen	0,8575m ³ /kg
Entalpia	62,86 KJ/kg
Punto de rocío	17,25 °C
Bulbo húmedo	18,3 °C

El aire que circula en el equipo deshidratador está programado a una temperatura de 80°C y tiene las siguientes propiedades psicrométricas.

Tabla 16. Propiedades psicrométricas del aire a 80°C

Bulbo seco	80 °C
Humedad relativa	7,45%
Humedad absoluta	74,2 g H ₂ O/kg aire
Presión de vapor	11,87 Kpa
Volumen	1,1043 m ³ /kg
Entalpia	267,37KJ/kg
Punto de rocío	42,03°C
Bulbo húmedo	45°C

$$H2O = W2 - W1$$

$$H2O = 74,2 \text{ g H}_2\text{O/kg aire} - 16,3 \text{ g H}_2\text{O/kg aire}$$

$$H2O = 57,9 \text{ g H}_2\text{O/Kg aire}$$

Nota: El aire a temperatura ambiente 21,7°C, tiene una humedad absoluta de 16,3g H₂O/kg aire y el aire que circula dentro del secador, a una temperatura de 80°C tiene una humedad absoluta de 74,2 g H₂O/kg aire. La cantidad de agua evaporada será 57,9g/kgss si el equipo trabaja a 80°C.

3.3.2.2 Actividad de agua

Se determinó la actividad de agua que tiene el producto final conociendo su humedad final en base seca en la curva de adsorción de la harina de maíz especificada en el marco teórico.

3.3.3 ACEPTABILIDAD DEL PRODUCTO

3.3.3.1 Ensayos de reconstitución

Se reconstituyo el producto en agua hirviendo hasta obtener características parecidas o iguales a los del mote recién cocido y se realizaron pruebas de Friedman para conocer la aceptabilidad entre los consumidores.

Se realizaron curvas de rehidratación con muestras obtenidas del producto deshidratado y se las compararon y evaluaron.

Pruebas cualitativas (Friedman).- Estas pruebas se llevaron a cabo al producto deshidratado después de la reconstitución, comparándolo con un el mote recién cocido, para así evaluar sus propiedades en lo que respecta al sabor, color, olor y textura.

Para el análisis sensorial se utilizaron 15 catadores.

Se evaluó:

- Sabor.- Para la evaluación del sabor, se tomó en cuenta la comparación de la muestra reconstituida con una muestra de mote recién cocido.

Tabla 17. Evaluación sensorial del sabor

VALORACIÓN	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	TRATAMIENTOS					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	Nada parecido						
2	Poco parecido						
3	Parecido						
4	Muy parecido						
5	Igual						

Su valoración, fue uno para la calificación más baja (nada parecido) y 5 para la calificación más alta (igual).

- Color.- Para la evaluación del color, se tomó una muestra de producto recién cocido para comparar con una muestra de mote rehidratado. Esta prueba está enfocada a determinar si el proceso de deshidratación ocasionó un cambio de color en el producto.

Tabla 18. Evaluación sensorial del color

VALORACIÓN	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	TRATAMIENTOS					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	Nada parecido						
2	Poco parecido						
3	Parecido						
4	Muy parecido						
5	Igual						

La valoración, fue del 1 al 5 donde uno va a condicionar al valor más bajo (nada parecido) y 5 va ser la calificación más alta (Igual).

- Aroma.- Para la evaluación del aroma, se compararon muestras de mote recién cocido y rehidratado, para conocer cuál de los tratamientos es más parecido a la muestra de mote cocido.

Tabla 19. Evaluación sensorial del aroma

VALORACIÓN	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	TRATAMIENTOS					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	Nada parecido						
2	Poco parecido						
3	Parecido						
4	Muy parecido						
5	Igual						

La valoración, fue 1 para la calificación más baja (nada parecido) y 5 para la calificación más alta (igual).

- Textura.- Para la evaluación de la textura se compararon muestras de mote recién cocido y rehidratado, para saber cuál de los tratamientos es más parecido a la muestra de mote recién cocido.

Tabla 20. Evaluación sensorial de la textura

VALORACIÓN	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	TRATAMIENTOS					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	Nada parecido						
2	Poco parecido						
3	Parecido						
4	Muy parecido						
5	Igual						

La valoración, fue 1 para la calificación más baja (nada parecido) y 5 para la calificación más alta (igual).

Aceptabilidad.- Es a breves rasgos la medida de calidad de un alimento, nos hace saber si el producto va a ser aceptado por el consumidor, de acuerdo a la apariencia.

Tabla 21. Evaluación de la aceptabilidad

VALORACIÓN	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	TRATAMIENTOS					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	Muy desagradable						
2	Poco desagradable						
3	Ni agrada ni desagradable						
4	Poco agradable						
5	Muy agradable						

La evaluación de aceptabilidad, fue en un rango del 1 al 5 donde se calificó con 1 al producto más desagradable (muy desagradable) y 5 al producto más aceptable por el consumidor (muy agradable).

3.3.4 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

3.3.4.1 Proceso de elaboración del producto

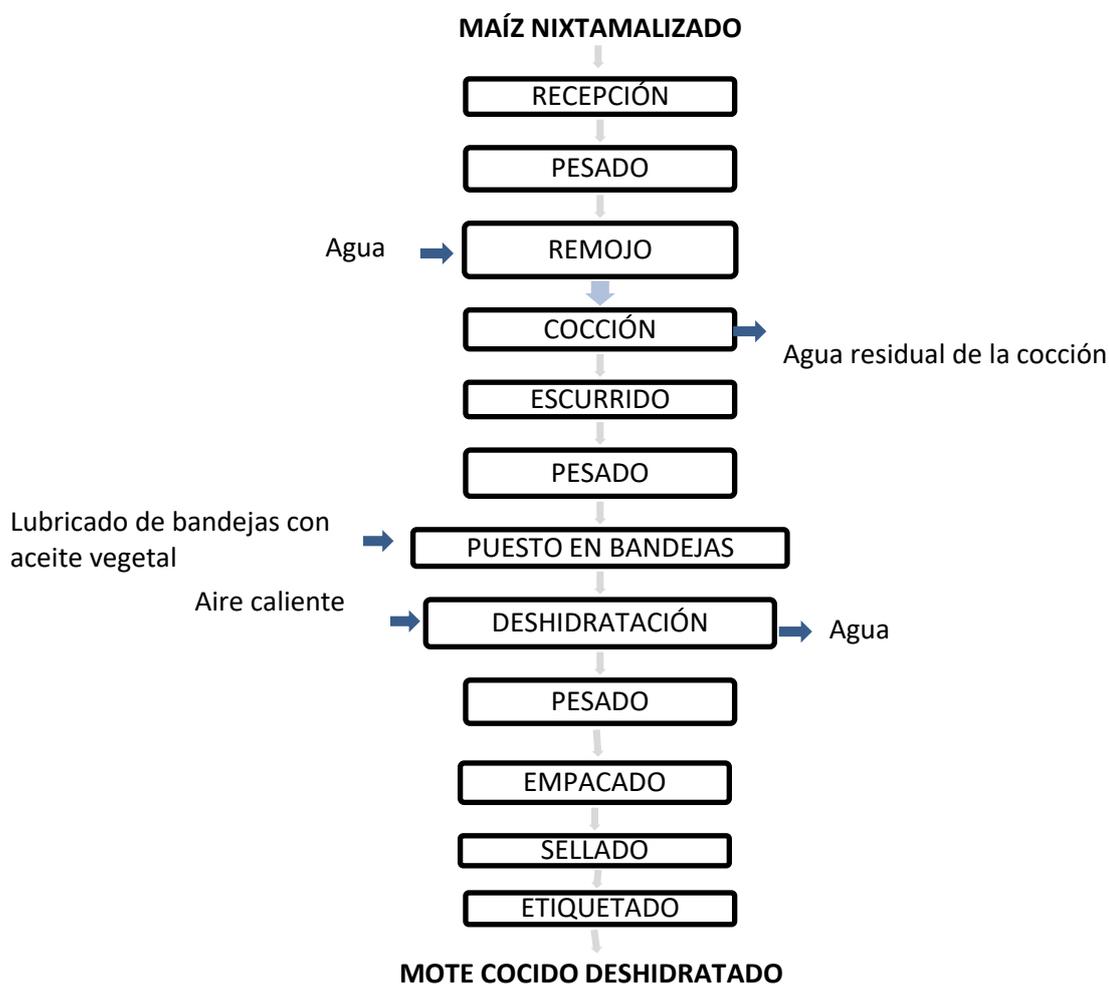


Figura 7. Diagrama de Proceso

3.3.4.2 Recepción y pesado

Se utilizó maíz blanco nixtamalizado de la variedad INIAP 111-Guagal mejorado, el cual fue seleccionado por su uso extendido en la elaboración de mote, se seleccionaron granos partidos e impurezas para eliminarlos y se pesaron 300g.



Foto 7. Recepción



Foto 8. Pesado

3.3.4.3 Remojo

En ésta etapa, el grano absorbe agua incrementando su nivel de humedad; teniendo lugar un ligero hinchamiento. El agua entra en el grano a través de la punta, por acción capilar, se mueve rápidamente dentro de los espacios del pericarpio y posteriormente por difusión pasa al germen y al endospermo, facilitándose el reblandecimiento del grano, (Gonzales Arguinzones, 2009).

En la investigación se usó como factor el remojo en dos niveles de tiempo que son 10 y 12 horas, con el objetivo de ablandar el grano para la posterior cocción.

Se tomaron datos de peso al comenzar el remojo y también al finalizar el mismo, con esto se conoció la cantidad de agua que el maíz absorbió en cada unidad experimental y se supo la humedad del producto al ingreso al proceso de cocción.



Foto 9. Remojo

3.3.4.4 Proceso de cocción.

Una vez obtenido el mote pelado y remojado le sigue el proceso de cocción, en esta etapa se probaron factores de tiempo que son: 5:30, 6:00 y 6:30 horas de hervor, hasta que el producto esté abierto como una roseta, húmedo y de consistencia tierna, esté suave y listo para comer, el objetivo de testear el tiempo de cocción fue conocer si el grado de cocción influye en la facilidad de salir agua del producto en el proceso de deshidratación.



Foto 10. Cocción

Aquí se comenzó a dar valor agregado al producto por medio de esta investigación.

- Se cocinaron 300 g de Maíz Nixtamalizado en 5 litros de agua, por cada unidad experimental.
- En éste proceso el maíz nixtamalizado empezó con una humedad superior a la de la materia prima ya que en el proceso de remojo el grano absorbió cierta cantidad de agua.
- Cuando el maíz comienza a abrirse toma el nombre de mote propiamente dicho, al final de la cocción se llega a una humedad de alrededor del 65-70%, cuando el mote ha aumentado al doble su peso inicial. Los almidones de maíz se hinchan al absorber agua lo que da lugar a la apertura del grano.
- En la cocción se realiza un proceso de gelatinización del almidón de maíz, como el almidón se ha gelatinizado y después se deshidratará se llama a este proceso pre-gelatinización, lo que facilitará su posterior reconstitución ya que un almidón pre-gelatinizado absorbe agua más fácilmente.
- Después del proceso de deshidratación se tomaron datos del peso para calcular la humedad que tiene el producto al salir de la deshidratación.
- Para realizar las curvas de deshidratación el proceso se llevó a cabo hasta que el producto llegó a la humedad de equilibrio y así por medio de cálculos determinar la humedad crítica de éste producto para que después sea más fácil reconstituible en agua hirviendo.



Foto 11. Mote Cocido

3.3.4.5 Análisis al mote cocido

- Se evaluaron variables no paramétricas como el color sabor y textura del producto cocido cuyo aspecto es el de maíz inflado, abierto como una roseta y húmedo, posteriormente se comparó el producto deshidratado con el reconstituido.
- Humedad.- Se tomaron datos de peso del mote después del proceso de cocción para así por medio de cálculos determinar su humedad (expresada en base seca).



Foto 12. Pesado después de la cocción

3.3.4.6 Propiedades psicrométricas del aire dentro del deshidratador

- Se utilizó un programa informático psicrométrico llamado PsychTool en el cual se ingresaron datos de presión atmosférica a 2250msnm y temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo.

- Se medirán las propiedades del aire que circula en el deshidratador (temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo) en condiciones ambientales.



Foto 13. Temperatura bulbo húmedo

- Se acondicionó el aire a 80 grados centígrados, y se realizarán cálculos para evaluar la capacidad de retirar agua que tiene el aire que circula en el deshidratador.



Foto 14. Panel del deshidratador a 80°C

3.3.4.7 Proceso de deshidratación

- Mediante cálculos matemáticos se conoce la humedad del producto expresada en base seca en el momento de comenzar el proceso.
- Se determinó el área de secado del producto



Foto 15. Área de secado

- El proceso de deshidratación se realizó a 80° centígrados y una velocidad de 4m/s.
- Se pesaron las bandejas
- Se colocaron las unidades experimentales en cada bandeja y se pesó otra vez para obtener el valor de peso inicial.
- Se pesaron las bandejas con el producto las primeras dos horas cada 10 minutos y después cada 30 minutos para elaborar las respectivas curvas de deshidratación para cada tratamiento.



Foto 16. Deshidratación del mote de maíz

- La diferencia de peso en cada pesaje refleja la humedad que tiene el producto en cada tiempo de pesado, ésta debe ser expresada en base seca.
- Se elaboraron las curvas de secado mediante Excel, la curva será: humedad del producto vs. Tiempo.

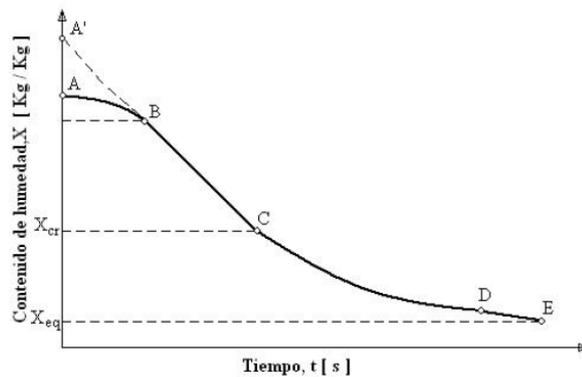


Figura 8. Curva de secado

- Se calculó la velocidad de secado mediante la ecuación

$$W = \frac{S}{A} * \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Dónde: W= velocidad de secado

S= Sólido 300g (peso inicial- peso agua)

A= Área en contacto con el aire 0,154m²

Δx = Variación de la humedad

Δt = Variación del tiempo

Y se elaboraron las curvas de velocidad de secado vs. Contenido de humedad del producto

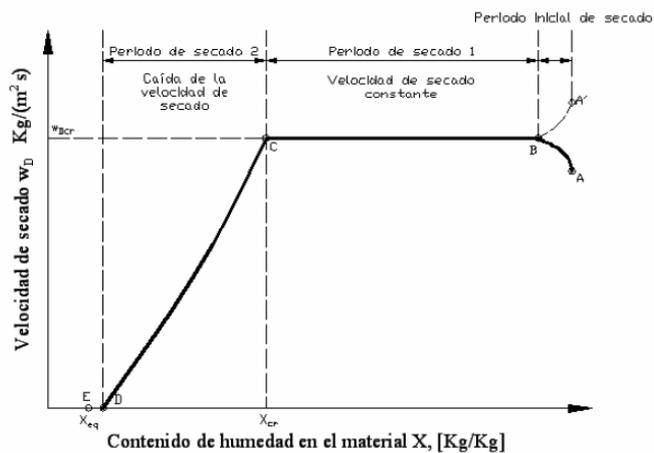


Figura 9. Curva de velocidad de secado

- Se definió la humedad crítica y de equilibrio para cada tratamiento.

- Se realizó un análisis comparativo entre las curvas de deshidratación obtenidas.

3.3.4.8 Ensayos de reconstitución

La mayoría de los productos deshidratados, deben ser reconstituídos antes de su consumo, lo que hace necesario determinar las condiciones óptimas para la realización de dicho proceso; en consecuencia, es importante obtener productos rehidratados de textura aceptable en el menor tiempo posible. Diversos investigadores han reconocido que el grado de rehidratación es dependiente de la composición original del producto, condiciones del proceso y preparación, así como de la extensión del desorden químico y estructural provocado por el secado (Barbosa, Vega, & Ibarz, 2008).

El grado de rehidratación, puede ser considerado como una medida del daño del material causado por el secado y el tratamiento que precede a la deshidratación. Se correlaciona la duración y severidad del proceso de secado con la velocidad y grado de rehidratación del producto, encontrando que se alcanzaba una mayor rehidratación en aquellos productos secados a tiempos cortos (Sachin, Chung, & Arun, 2010).

- Materiales y métodos

Las experiencias de rehidratación se llevaron a cabo en agua común estéril a temperatura de ebullición (96°C para la ciudad de Ibarra). Se tomó en cuenta esta temperatura, por ser la temperatura habitual de cocción de los preparados alimenticios, donde podría eventualmente ser utilizado.

Muestra: 5 gramos de mote de maíz deshidratado.

Experiencia: se sumergió el mote deshidratado en recipientes con agua común estéril a temperatura de ebullición. A tiempos prefijados se retiró, escurrió, se limpió el exceso de agua con papel absorbente, se pesó la muestra cada minuto por los primeros 5 minutos y cada 5 minutos hasta un tiempo de 20 minutos de ebullición y finalmente se realizaron los respectivos cálculos para determinar la humedad en cada tiempo de rehidratación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

El trabajo de grado sobre el “Desarrollo de un producto pre-cocido deshidratado a base de maíz blanco nixtamalizado (pelado)” dio a conocer los siguientes resultados:

4.1 PARÁMETROS TÉCNICOS DEL REMOJO Y LA COCCIÓN

El maíz blanco nixtamalizado que se utilizó en la presente investigación, es un producto de consumo muy común en nuestro medio y se lo puede adquirir en cualquier distribuidor de granos. Para determinar los parámetros técnicos del remojo y la cocción, se hizo uso de un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial AxB donde: A es el tiempo de remojo y B es el tiempo de cocción del grano de maíz blanco nixtamalizado.

Cada factor tuvo diferentes niveles así:

Factor A: Tiempo de remojo

- 10 horas
- 12 horas

Factor B: Tiempo de cocción

- 5:30 horas
- 6:00 horas
- 6:30 horas

Se describen los tratamientos a continuación

Tabla 22. Tratamientos

Número	Tratamiento	Descripción
T1	A1B1	10 horas de remojo, 5:30 horas de cocción
T2	A1B2	10 horas de remojo, 6:00 horas de cocción
T3	A1B3	10 horas de remojo, 6:30 horas de cocción
T4	A2B1	12 horas de remojo, 5:30 horas de cocción
T5	A2B2	12 horas de remojo, 6:00 horas de cocción
T6	A2B3	12 horas de remojo, 6:30 horas de cocción

4.1.1 VARIABLES CUANTITATIVAS

El almidón, cuando es expuesto a un proceso continuo de cocción, sufre un cambio irreversible a nivel molecular, en donde los puentes de hidrógeno de la red micelar por acción de la temperatura se rompen, originando un proceso de hinchamiento irreversible, el cual se reflejará en el grado de gelatinización del almidón y determinará la facilidad de transporte de agua hacia adentro y fuera del grano. Como variables cuantitativas se determinaron: Índice de absorción de agua (IAA), Índice de solubilidad en agua (ISA) y el poder de hinchamiento (PH). Estos valores se miden aprovechando la capacidad del grano de almidón de absorber agua y la exudación de fracciones de almidón a medida que se incrementa la temperatura.

Para tener una idea de la relación entre el índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, poder de hinchamiento con el aumento del valor de gelatinización en el proceso de cocción, se presenta a continuación una tabla con los resultados de IAA, ISA y PH para la materia prima.

Tabla 23. IAA ISA y PH de la materia prima

RESULTADOS			
	IAA	ISA %	PH
Materia prima	2,369	4,390	2,478

Como referencia se conoce que: si la muestra tiene alto valor de solubilidad en agua, bajo índice de absorción y bajo poder de hinchamiento indica un almidón de

baja calidad, el cual al enfriarse produce pastas delgadas y de poca estabilidad, esto se debe a que el almidón del maíz no está gelatinizado.

4.1.1.1 Datos obtenidos en el laboratorio para el cálculo de IAA ISA y PH

Las muestras de buena calidad con alto porcentaje de almidón gelatinizado y alta viscosidad de la pasta, tendrán una baja solubilidad en agua, alta absorción de agua y un alto poder de hinchamiento. Los ensayos se realizaron por triplicado obteniendo así los siguientes datos requeridos por las fórmulas antes descritas para su posterior cálculo:

Tabla 24. Datos de la repetición 1

Tratamientos	Peso Sobrenadante g	Residuo de Centrifugación g	Residuo de Evaporación g	Peso seco de la muestra g
T1	19,298	12,350	0,122	2,505
T2	19,421	12,264	0,106	2,504
T3	19,252	12,394	0,108	2,507
T4	20,837	11,388	0,122	2,504
T5	20,103	12,168	0,115	2,503
T6	21,389	10,412	0,130	2,505

Tabla 25. Datos de la repetición 2

Tratamientos	Peso Sobrenadante g	Residuo de Centrifugación g	Residuo de Evaporación g	Peso seco de la muestra g
T1	18,471	11,2735	0,13	2,507
T2	18,607	12,873	0,131	2,501
T3	18,794	13,1175	0,135	2,504
T4	18,435	12,7975	0,13	2,505
T5	19,513	11,9185	0,1445	2,506
T6	19,2425	12,344	0,1325	2,505

Tabla 26. Datos de la repetición 3

Tratamientos	Peso Sobrenadante g	Residuo de Centrifugación g	Residuo de Evaporación g	Peso seco de la muestra g
T1	18,886	11,942	0,159	2,504
T2	19,314	12,553	0,162	2,506
T3	19,278	12,371	0,154	2,503
T4	19,761	12,627	0,210	2,506
T5	19,944	12,712	0,168	2,504
T6	19,776	12,599	0,140	2,502

Para obtener los valores del índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH) se realizaron cálculos con las siguientes fórmulas:

$$IAA = \frac{\text{Peso del residuo de centrifugación}}{\text{Peso seco de la muestra}}$$

$$ISA = \frac{\text{Peso del residuo de evaporación}}{\text{Peso seco de la muestra}} * 100$$

$$PH = \frac{\text{Peso del residuo de centrifugación}}{\text{Peso seco de la muestra} - \text{Peso del residuo de evaporación}}$$

4.1.1.2 Índice de absorción de agua (IAA)

Tabla 27. Valores del índice de absorción de agua

Tratamientos/Repeticiones	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
T1	4,93	4,497	4,77	14,197	4,73
T2	4,899	5,147	5,01	15,056	5,02
T3	4,945	5,239	4,942	15,126	5,04
T4	4,548	5,11	5,04	14,698	4,9
T5	4,862	4,757	5,078	14,697	4,9
T6	4,156	4,928	5,037	14,121	4,71

El índice de absorción de agua se expresa en valores de peso del residuo de evaporación sobre el peso de la muestra seca (g de gel/ g muestra). Se realizó un análisis de varianza (descrito en los anexos) con los valores de índice de absorción

de agua expuestos en la tabla 24, en donde según el cálculo no hay significación estadística para los tratamientos y no hay significación estadística para los factores, lo que quiere decir que los tratamientos son estadísticamente iguales y no existe un mejor tratamiento.

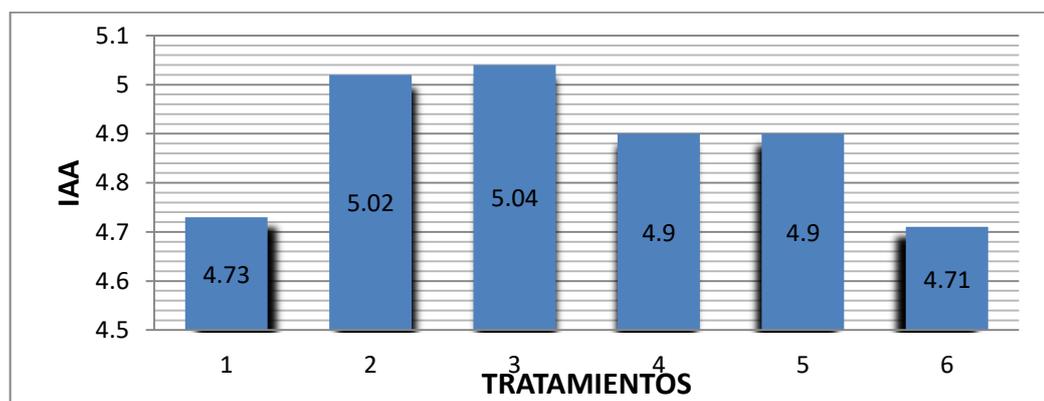


Gráfico 1. Valores promedio del índice de absorción de agua

En el Gráfico 1, se puede observar que el tratamiento 6 (12 horas de remojo y 6:30 horas de cocción) tiene la media de índice de absorción de agua más baja lo que indica que el maíz tiene un almidón menos gelatinizado, mientras que el tratamiento 3 (10 horas de remojo y 6:30 horas de cocción) tiene la media más alta lo que indica que el almidón del maíz está más gelatinizado con respecto a los demás tratamientos.

4.1.1.3 Índice de solubilidad en agua (ISA)

Tabla 28. Valores del índice de solubilidad en agua

Tratamientos/Repeticiones	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
T1	4,86	5,185	6,331	16,376	5,46
T2	4,234	5,238	6,466	15,938	5,31
T3	4,309	5,391	6,153	15,853	5,28
T4	4,892	5,191	8,382	18,465	6,16
T5	4,595	5,767	6,711	17,073	5,69
T6	5,17	5,289	5,597	16,056	5,35

El índice de solubilidad en agua, se expresa en valores de porcentaje (%) de solubilidad. Se realizó un análisis de varianza (descrito en los anexos) con los valores de índice de solubilidad en agua, expuestos en la tabla 25, en donde según

el cálculo no existe significación estadística para los tratamientos y no se encontró significación estadística para los factores, lo que quiere decir que los tratamientos son estadísticamente iguales y no existe un mejor tratamiento.

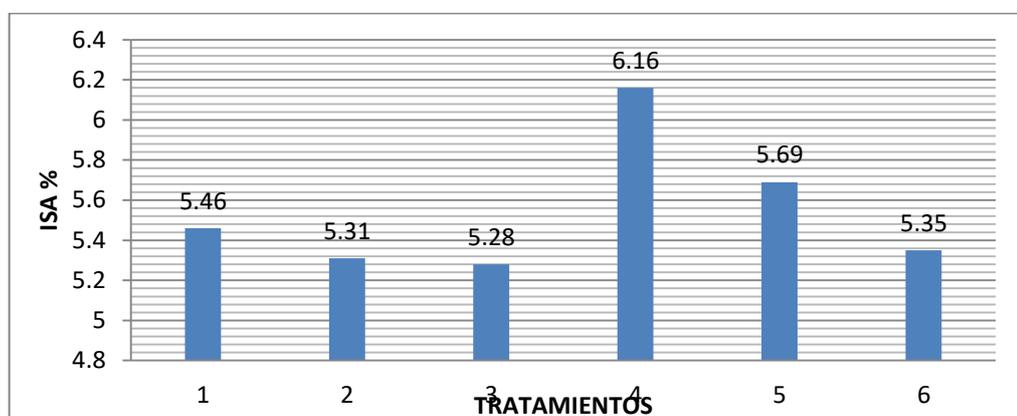


Gráfico 2. Valores promedio del índice de solubilidad en agua

En el Gráfico 2, se puede observar que el tratamiento 3 (10 horas de remojo y 6:30 horas de cocción) tiene la media de índice de absorción de agua más baja, lo que quiere decir que existió una mejor gelatinización del almidón; mientras que el tratamiento 4 (12 horas de remojo y 5:30 horas de cocción) tiene la media más alta que indica una menor gelatinización del almidón en comparación a los demás tratamientos.

4.1.1.4 Poder de hinchamiento (PH)

Tabla 29. Valores del poder de hinchamiento

Tratamientos/Repeticiones	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
T1	5,182	4,743	5,093	15,018	5,01
T2	5,115	5,432	5,357	15,904	5,3
T3	5,167	5,537	5,266	15,97	5,32
T4	4,782	5,39	5,501	15,673	5,22
T5	5,096	5,048	5,443	15,587	5,2
T6	4,383	5,203	5,335	14,921	4,97

El poder de hinchamiento se expresa en valores peso de agua sobre peso del almidón (g agua/g almidón). Se realizó un análisis de varianza (descrito en los anexos) con los valores de poder de hinchamiento expuestos en la tabla 26, en

donde según el cálculo no hay significación estadística para los tratamientos y no hay significación estadística para los factores, lo que quiere decir que los tratamientos son estadísticamente iguales y no existe un mejor tratamiento.

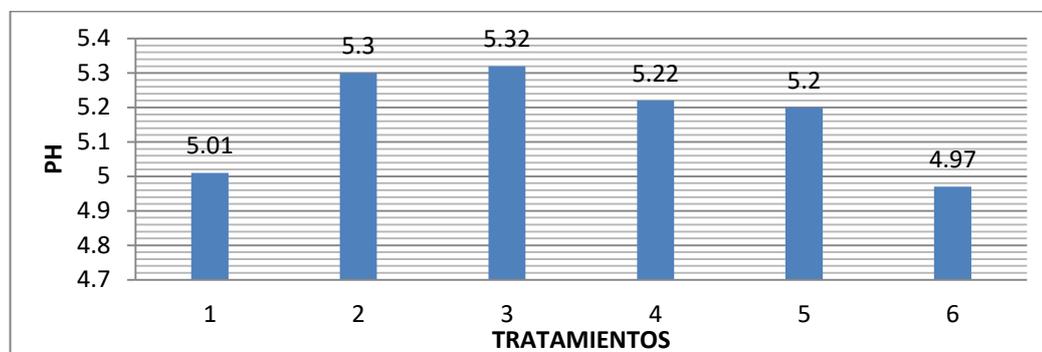


Gráfico 3. Valores promedio del poder de hinchamiento

En el Gráfico 3, se puede observar que el tratamiento 6 (12 horas de remojo y 6:30 horas de cocción) tiene la media de poder de hinchamiento más baja observando así una gelatinización en promedio menor mientras que el tratamiento 3 (10 horas de remojo y 6:30 horas de cocción) tiene la media más alta lo que indica que existe un mayor porcentaje de gelatinización del almidón en comparación a los demás tratamientos.

4.1.1.5 Humedad después del remojo y la cocción

La materia prima que se usó para la investigación, tiene un 12 % de humedad; lo que está dentro de la norma para la conservación de granos secos.

Tabla 30. Humedad del producto después del remojo y la cocción

Tratamientos	Materia prima		Remojo		Cocción	
	Peso de la unidad experimental g	Humedad Inicial %	Peso g	Humedad %	Peso del mote cocido g	Humedad %
T1	300	12	437,90	39,9	763,3	73,5
T2	300	12	437,65	39,6	803,3	74,8
T3	300	12	439,87	39,9	815,0	76,2
T4	300	12	445,00	40,7	786,7	74,9
T5	300	12	451,33	41,5	801,7	75,1
T6	300	12	442,10	40,3	783,3	76,1

Después del proceso de remojo cocción los granos de maíz han absorbido mucha cantidad de agua aumentando así el peso de cada unidad experimental a más del doble de su peso inicial en promedio.

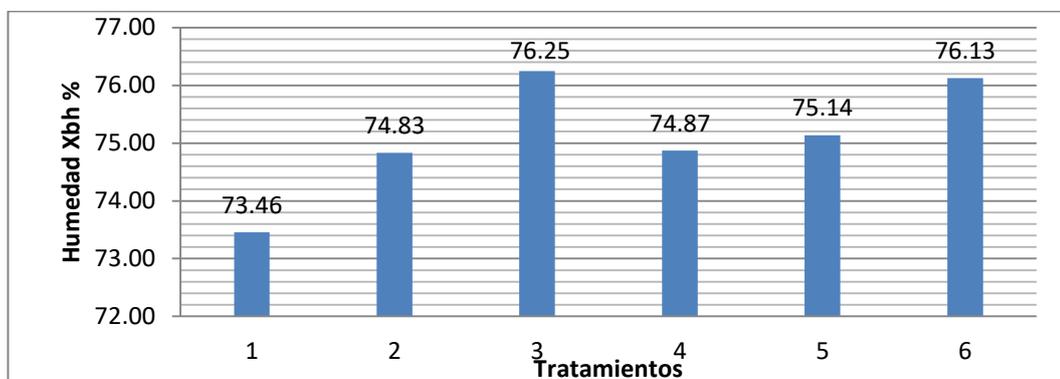


Gráfico 4. Humedad después del remojo y cocción

En el gráfico 4, se presentan los porcentajes de humedad de cada tratamiento después del remojo y la cocción, los tratamientos 3 y 6 presentan una humedad más alta con respecto a los demás tratamientos, esto se debe obviamente a que estuvieron sometidos durante más tiempo a los procesos de remojo y cocción en los cuales se absorbe mucha cantidad de agua. No quiere decir necesariamente que dichos tratamientos tengan valores más altos de IAA ISA y PH y mayor gelatinización de almidón.

4.1.2 VARIABLES CUALITATIVAS DE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS.

Las variables cualitativas que se tomaron en cuenta para la caracterización del producto fueron: sabor, color, aroma y textura. El análisis organoléptico se realizó con todos los tratamientos con un panel de 15 degustadores, conformado por los estudiantes de ingeniería agroindustrial de la Universidad Técnica del Norte utilizando fichas de evaluación organoléptica.

Para la evaluación de las variables descritas, se aplicaron las pruebas no paramétricas de Friedman:

$$x^2 = \frac{12}{rt(t+1)} \sum R^2 - 3r(t+1)$$

Dónde:

r = Numero de degustadores

t = Tratamientos

ΣR^2 = Sumatoria de rangos al cuadrado

Para esta caracterización se manejan dos hipótesis:

H0=Las medianas de los resultados sumados para los 6 tratamientos son iguales

H1=Las medianas de los resultados sumados para los 6 tratamientos son diferentes

4.1.2.1 Sabor

La muestra para el examen organoléptico es de mote recién cocido para caracterizar el sabor.

Tabla 31. Evaluación organoléptica del sabor

Trat.	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	Sumatoria	Media
T1	6	6	3,5	5	5	3	4,5	2,5	3,5	3	3	5,5	5,5	4	6	66	4,4
T2	3,5	3	3,5	4	5	1	1,5	2,5	6	5,5	3	1,5	3	4	3,5	50,5	3,37
T3	1	3	6	3	5	3	1,5	2,5	3,5	3	5,5	1,5	5,5	1	1	46	3,07
T4	3,5	3	3,5	1,5	2	5,5	4,5	5,5	3,5	3	1	3,5	1	4	3,5	48,5	3,23
T5	3,5	3	3,5	1,5	2	3	4,5	2,5	1	1	3	3,5	3	4	3,5	42,5	2,83
T6	3,5	3	1	6	2	5,5	4,5	5,5	3,5	5,5	5,5	5,5	3	4	3,5	61,5	4,1

No existe significación estadística para el sabor, en la tabla 28, se aprecia que el tratamiento 1 (10horas de remojo y 5:30 horas de cocción) tiene la media más alta de aceptación con valor de 4,4.

Tabla 32. Resultados para el sabor

Variables cualitativas	X ² Cal	X ² Tab	
		5%	1%
Sabor	8,10ns	11,071	15,086

Según los resultados expuestos en la tabla 29, los degustadores no encontraron diferencia significativa entre los tratamientos; ya que todos demuestran el sabor característico que tiene el mote y no existe ningún favorito. Por lo tanto se acepta la hipótesis nula.

4.1.2.2 Color

Tabla 33. Evaluación organoléptica del color

Trat.	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	Sumatoria	Media
T1	5	3,5	5	6	4	4,5	5,5	3,5	6	6	4,5	5,5	4,5	5,5	5	74	4,93
T2	5	3,5	2,5	4,5	3	2	5,5	3,5	4	4,5	4,5	3	4,5	5,5	5	60,5	4,03
T3	2,5	3,5	2,5	2,5	3	6	2,5	3,5	1,5	4,5	1,5	3	4,5	2,5	2,5	46	3,07
T4	5	4,5	5	2,5	3	2	2,5	3,5	1,5	2	4,5	1	1,5	2,5	5	46	3,07
T5	2,5	3,5	5	4,5	3	4,5	2,5	3,5	4	2	4,5	5,5	4,5	2,5	2,5	54,5	3,63
T6	1	3,5	1	1	3	2	2,5	3,5	4	2	1,5	3	1,5	2,5	1	33	2,20

Existe alta significación estadística para el color, en la tabla 30, se aprecia que el tratamiento 1 (10 horas de remojo y 5:30 horas de cocción) tiene la media más alta con valor de 4,93; seguido por el tratamiento 2 (10 horas de remojo y 6:00 horas de cocción) con valor de 4,03. Estos tratamientos de medias más altas destacan por ser más blancos en comparación con los otros tratamientos según los degustadores.

Tabla 34. Resultados para el color

Variables cualitativas	X ² Cal	X ² Tab	
		5%	1%
Color	16,9**	11,071	15,086

Según los resultados expuestos en la tabla 31, los degustadores encontraron diferencia significativa entre los tratamientos, lo que quiere decir que los tratamientos son diferentes en cuanto al color. Por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa.

4.1.2.3 Aroma

Según Hernandez (2005) , los atributos que se perciben con el sentido del olfato son el olor y el aroma, el primer atributo tiene que ver con el producido por los alimentos por la volatilización de sustancias que se esparcen por el aire llegando hasta la nariz y el segundo consiste en la percepción de sustancias aromáticas de un alimento después de colocarlo en la boca.

Tabla 35. Evaluación organoléptica del aroma

Trat.	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	Sumatoria	Media
T1	3,5	3,5	2,5	2,5	4,5	4	4	4,5	4	4,5	1,5	5	3	2	5	54	3,60
T2	3,5	3,5	2,5	5	4,5	1,5	4	1,5	4	4,5	4,5	2	1	2	1,5	45,5	3,03
T3	3,5	3,5	5,5	5	4,5	6	1	4,5	1	1,5	4,5	2	5,5	5	5	58	3,87
T4	3,5	3,5	5,5	1	4,5	4	4	4,5	4	4,5	1,5	2	3	5	5	55,5	3,70
T5	6	3,5	2,5	2,5	1,5	1,5	4	1,5	4	1,5	4,5	5	3	2	3	46	3,07
T6	1	3,5	2,5	5	1,5	4	4	4,5	4	4,5	4,5	5	5,5	5	1,5	56	3,73

No existe significación estadística para el aroma, en la tabla 32, se aprecia que el tratamiento 3 (10horas de remojo y 6:30 horas de cocción) tiene la media más alta con valor de 4,4.

Tabla 36. Resultados para el aroma

Variables cualitativas	X ² Cal	X ² Tab	
		5%	1%
Aroma	2,76ns	11,071	15,086

Según los resultados expuestos en la tabla 33, los degustadores no encontraron diferencia significativa entre los tratamientos ya que todos demuestran el aroma característico que tiene el mote y no hay un favorito. Por lo tanto se acepta la hipótesis nula.

4.1.2.4 Textura

Tabla 37. Evaluación organoléptica de la textura

Trat.	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	Sumatoria	Media
T1	4,5	5,5	5	5	4,5	1,5	3,5	5	3	5	5,5	5,5	2,5	1,5	5,5	63	4,20
T2	4,5	2,5	5	4	4,5	4,5	1	2	5,4	2	2,5	2,5	5	4	1	50,4	3,36
T3	4,5	2,5	5	2,5	4,5	4,5	3,5	2	6	2	2,5	2,5	2,5	1,5	3	49	3,27
T4	4,5	2,5	5	2,5	4,5	4,5	3,5	5	5,4	2	1	2,5	5	4	5,5	57,4	3,83
T5	1,5	2,5	1,5	1	1,5	1,5	3,5	2	1,5	5	4	2,5	5	4	3	40	2,67
T6	1,5	5,5	1,5	6	1,5	4,5	6	5	1,5	5	5,5	5,5	1	6	3	59	3,93

Existe alta significación estadística para la textura, en la tabla 34, se aprecia que el tratamiento 1 (10horas de remojo y 5:30 horas de cocción) tiene la media más alta con valor de 4,2, seguido por el tratamiento 6 (12 horas de remojo y 6:30 horas de

cocción) con valor de 3,9. Esto quiere decir que, con respecto a la textura, los tratamientos; 1 y 6 son los más aceptados.

Tabla 38. Resultados para el textura

Variables cualitativas	X ² Cal	X ² Tab	
		5%	1%
Textura	14,25**	11,071	15,086

Según los resultados expuestos en la tabla 35, los degustadores encontraron diferencia significativa entre los tratamientos, lo que quiere decir que los tratamientos son diferentes en cuanto la textura. Por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa.

4.2 CINÉTICA DEL SECADO DEL MOTE DE MAÍZ BLANCO

Se elaboraron las curvas de deshidratación para cada tratamiento en condiciones controladas de temperatura y velocidad de aire en el equipo deshidratador hasta la humedad de equilibrio. Todos los tratamientos fueron deshidratados a 80°C y una velocidad de aire de 4m/s. Los ensayos de deshidratación se realizaron por triplicado por cada tratamiento para obtener datos más precisos.

4.2.1 CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL TRATAMIENTO 1 (10 HORAS DE REMOJO Y 5:30 HORAS DE COCCIÓN)

Tabla 39. Datos de los ensayos de deshidratación del Tratamiento 1

TRATAMIENTO 1						
Tiempo h	Peso kg	Peso del sólido seco kg	X base húmeda	X base seca	X Base seca media	Velocidad de secado Kg/hm ²
Inicio	0,763	0,203	73,459	2,768		
0,17	0,690	0,203	70,189	2,354	2,561	2,823
0,33	0,632	0,203	67,038	2,034	2,194	2,066
0,50	0,592	0,203	64,493	1,816	1,925	1,655
0,67	0,552	0,203	61,580	1,603	1,710	1,362
0,83	0,525	0,203	59,375	1,462	1,532	1,112
1,00	0,497	0,203	56,770	1,313	1,387	1,066
1,17	0,472	0,203	54,211	1,184	1,249	0,955
1,33	0,448	0,203	51,563	1,065	1,124	0,881
1,50	0,427	0,203	48,838	0,955	1,010	0,841
1,67	0,405	0,203	45,817	0,846	0,900	0,830
1,83	0,383	0,203	42,475	0,738	0,792	0,728
2,00	0,367	0,203	39,610	0,656	0,697	1,122
2,50	0,323	0,203	30,858	0,446	0,551	0,442
3,00	0,295	0,203	23,696	0,311	0,378	0,304
3,50	0,273	0,203	17,289	0,209	0,260	0,200
4,00	0,262	0,203	13,373	0,154	0,182	0,130
4,50	0,252	0,203	9,727	0,108	0,131	0,089
5,00	0,247	0,203	7,794	0,085	0,096	0,050
5,50	0,243	0,203	6,461	0,069	0,077	0,039
6,00	0,240	0,203	5,100	0,054	0,061	0,020
6,50	0,240	0,203	5,100	0,054	0,054	0,000
7,00	0,240	0,203	5,100	0,054	0,054	

En el ensayo de deshidratación para el tratamiento 1 se pesaron las bandejas con el producto cada 10 minutos durante las primeras 2 horas y posteriormente cada media hora hasta obtener un peso constante o humedad de equilibrio (5,1 en base húmeda o 0,054 en base seca). El proceso se llevó a cabo en un lapso de 7 horas de deshidratación.

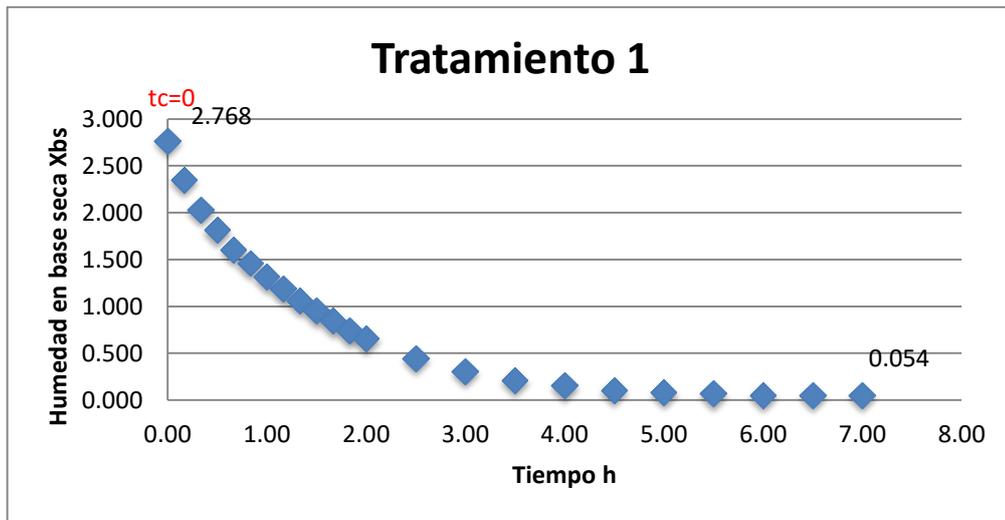


Gráfico 5. Curva de secado del tratamiento 1

Como se observa en el Gráfico 5, la humedad del producto en el tratamiento 1 va disminuyendo conforme avanza el tiempo hasta la séptima hora del proceso en donde llega al valor 0,054 en base seca o 5,1% de humedad, esta es denominada humedad de equilibrio.

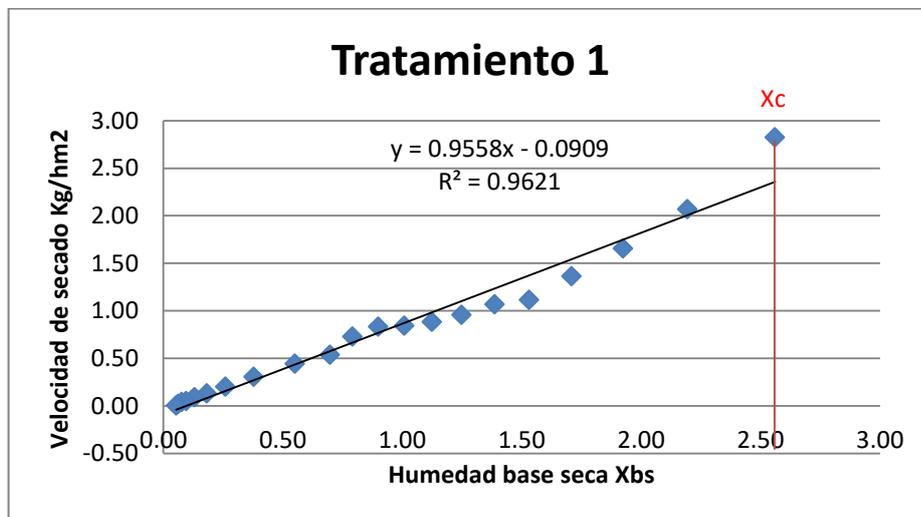


Gráfico 6. Velocidad de secado vs Humedad en base seca para el tratamiento 1

Como se puede ver en el gráfico, el período antecrítico de secado, es despreciable porque se da muy rápido, ya que la mayoría del proceso se da a velocidad decreciente, se determina la humedad crítica $X= 2,5$. El tiempo en el que el tratamiento empieza el período pos-crítico es al inicio de la deshidratación.

4.2.2 CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL TRATAMIENTO 2 (10 HORAS DE REMOJO Y 6:00 HORAS DE COCCIÓN)

Tabla 40. Datos de los ensayos de deshidratación del Tratamiento 2

TRATAMIENTO 2						
Tiempo h	Peso kg	Peso del sólido seco Kg	X base húmeda	X base seca	X base seca media	Velocidad de secado kg/hm ²
Inicio	0,803	0,202	74,833	2,973		
0,167	0,775	0,202	73,747	2,809	2,891	1,219
0,333	0,748	0,202	72,647	2,656	2,732	1,203
0,500	0,720	0,202	71,393	2,496	2,576	1,261
0,667	0,690	0,202	69,947	2,327	2,412	1,356
0,833	0,657	0,202	68,180	2,143	2,235	1,535
1,000	0,617	0,202	65,843	1,928	2,035	1,547
1,167	0,582	0,202	63,502	1,740	1,834	1,374
1,333	0,550	0,202	61,088	1,570	1,655	1,324
1,500	0,517	0,202	58,249	1,395	1,483	1,208
1,667	0,490	0,202	55,659	1,255	1,325	1,095
1,833	0,462	0,202	52,607	1,110	1,183	1,030
2,000	0,437	0,202	49,676	0,987	1,049	1,412
2,500	0,387	0,202	42,602	0,742	0,865	0,618
3,000	0,337	0,202	33,529	0,504	0,623	0,514
3,500	0,302	0,202	25,424	0,341	0,423	0,368
4,000	0,275	0,202	17,803	0,217	0,279	0,258
4,500	0,258	0,202	12,230	0,139	0,178	0,138
5,000	0,252	0,202	9,794	0,109	0,124	0,089
5,500	0,243	0,202	6,555	0,070	0,089	0,079
6,000	0,238	0,202	4,500	0,047	0,059	0,029
6,500	0,238	0,202	4,500	0,047	0,047	0,000
7,000	0,238	0,202	4,500	0,047	0,047	

En el ensayo de deshidratación para el tratamiento 2, se pesaron las bandejas con el producto cada 10 minutos durante las primeras 2 horas y posteriormente cada media hora hasta obtener un peso constante o humedad de equilibrio (4,5 en base húmeda o 0,047 en base seca). El proceso se llevó a cabo en un lapso de 7 horas de deshidratación.

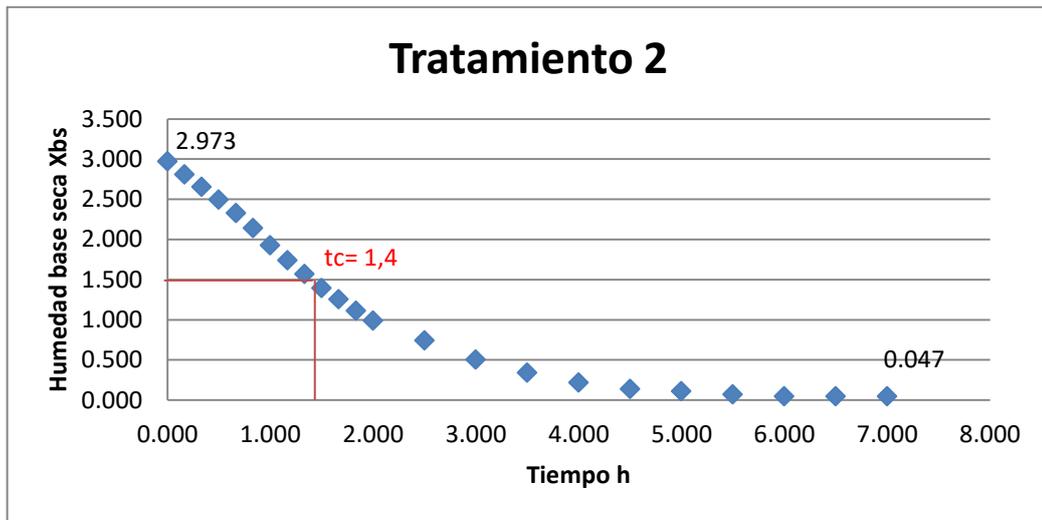


Gráfico 7. Curva de secado del tratamiento 2

Como se observa en el Gráfico 7, la humedad del producto en el tratamiento 2 va disminuyendo conforme avanza el tiempo hasta la séptima hora del proceso en donde llega al valor 0,047 en base seca o 4,5% de humedad, esta es denominada humedad de equilibrio.

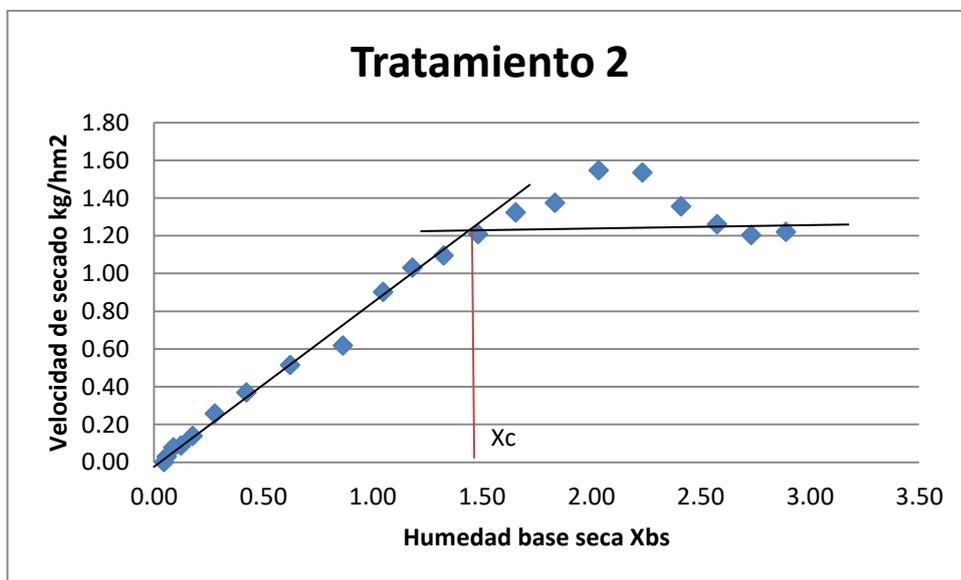


Gráfico 8. Velocidad de secado vs Humedad en base seca para el tratamiento 2

En el gráfico 8, se pueden apreciar claramente los períodos de secado (antecrítico y post crítico) separados por la línea que representa la humedad crítica que tiene un valor de $X=1,48$. Esto quiere decir que, el período de velocidad decreciente o

post-crítico, comienza a partir de 1h24min empezado el proceso de deshidratación.

4.2.3 CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL TRATAMIENTO 3 (10 HORAS DE REMOJO Y 6:30 HORAS DE COCCIÓN)

Tabla 41. Datos de los ensayos de deshidratación del Tratamiento 3

TRATAMIENTO 3						
Horas	Peso kg	Peso del solido seco kg	X base húmeda media	X base seca media	X base seca media	Velocidad de Secado kg/hm ²
Inicio	0,815	0,200	76,248	3,210		
0,17	0,795	0,200	75,531	3,087	3,148	0,985
0,33	0,773	0,200	74,707	2,954	3,020	1,312
0,50	0,740	0,200	73,299	2,745	2,849	1,373
0,67	0,715	0,200	72,192	2,596	2,671	1,140
0,83	0,690	0,200	71,001	2,448	2,522	1,557
1,00	0,645	0,200	68,659	2,191	2,320	2,022
1,17	0,597	0,200	65,775	1,922	2,056	1,779
1,33	0,562	0,200	63,334	1,727	1,825	1,340
1,50	0,533	0,200	61,132	1,573	1,650	1,213
1,67	0,503	0,200	58,531	1,411	1,492	1,365
1,83	0,467	0,200	54,900	1,217	1,314	1,349
2,00	0,437	0,200	51,460	1,060	1,139	1,724
2,50	0,380	0,200	43,453	0,768	0,914	0,715
3,00	0,327	0,200	33,420	0,502	0,635	0,541
3,50	0,295	0,200	25,697	0,346	0,424	0,333
4,00	0,273	0,200	19,471	0,242	0,294	0,235
4,50	0,257	0,200	13,955	0,162	0,202	0,142
5,00	0,250	0,200	11,555	0,131	0,146	0,101
5,50	0,240	0,200	7,664	0,083	0,107	0,091
6,00	0,235	0,200	5,594	0,059	0,071	0,040
6,50	0,235	0,200	4,900	0,052	0,055	0,010
7,00	0,235	0,200	4,900	0,052	0,052	

En el ensayo de deshidratación para el tratamiento 3, se pesaron las bandejas con el producto cada 10 minutos durante las primeras 2 horas y posteriormente cada

media hora hasta obtener un peso constante o humedad de equilibrio (4,9 en base húmeda o 0,052 en base seca). El proceso se llevó a cabo en un lapso de 7 horas de deshidratación.

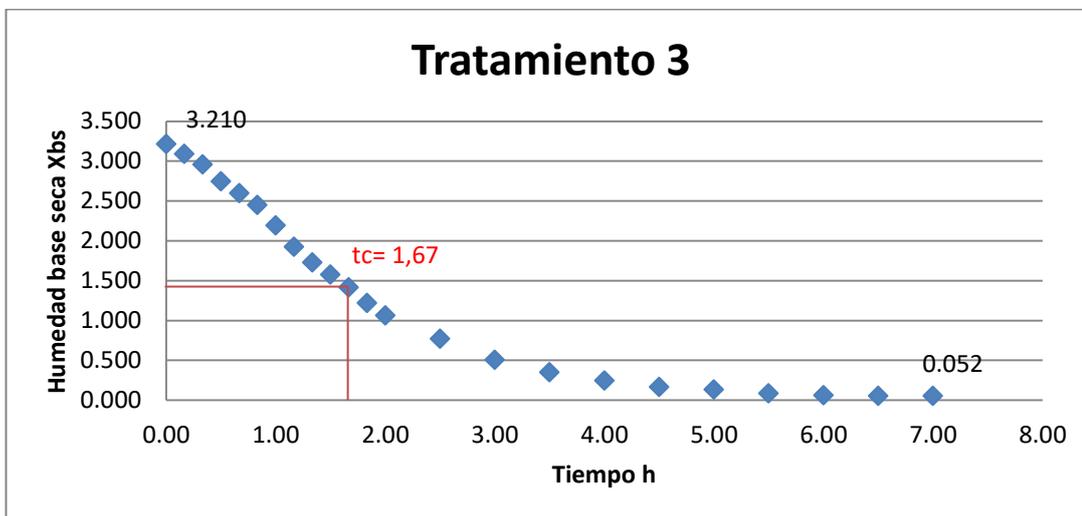


Gráfico 9. Curva de secado del tratamiento 3

Como se observa en el gráfico 9, la humedad del producto en el tratamiento 3 va disminuyendo conforme avanza el tiempo hasta la séptima hora del proceso en donde llega al valor 0,052 en base seca o 4,9% de humedad, esta es denominada humedad de equilibrio.

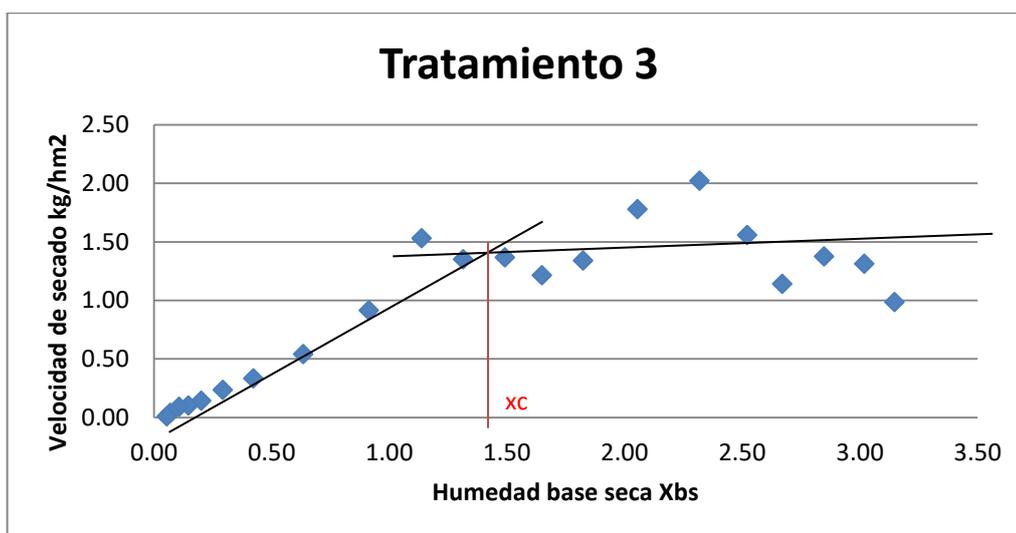


Gráfico 10. Velocidad de secado vs Humedad en base seca para el tratamiento 3

En el gráfico 10, se pueden apreciar claramente los períodos de secado (antecrítico y post crítico) separados por la línea que representa la humedad crítica que tiene

un valor de $X=1,4$. Esto quiere decir que, el período post-crítico, comienza a partir de 1h40min empezado el proceso de deshidratación.

4.2.4 CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL TRATAMIENTO 4 (12 HORAS DE REMOJO Y 5:30 HORAS DE COCCIÓN)

Tabla 42. Datos de los ensayos de deshidratación del Tratamiento 4

TRATAMIENTO 4						
Horas	Peso kg	Peso del sólido Seco kg	X base húmeda media	X base seca media	X base seca media	Velocidad de secado kg/hm ²
Inicio	0,787	0,200	74,870	2,979		
0,17	0,765	0,200	73,998	2,846	2,913	1,018
0,33	0,743	0,200	73,076	2,714	2,780	1,089
0,50	0,718	0,200	71,927	2,562	2,638	1,229
0,67	0,690	0,200	70,536	2,394	2,478	1,280
0,83	0,662	0,200	69,030	2,229	2,311	1,390
1,00	0,627	0,200	67,017	2,032	2,130	1,332
1,17	0,600	0,200	65,303	1,882	1,957	1,324
1,33	0,565	0,200	62,787	1,687	1,785	1,345
1,50	0,537	0,200	60,504	1,532	1,610	1,221
1,67	0,507	0,200	57,791	1,369	1,451	1,192
1,83	0,478	0,200	54,987	1,222	1,295	1,033
2,00	0,455	0,200	52,381	1,100	1,161	1,589
2,50	0,398	0,200	44,684	0,808	0,954	0,700
3,00	0,347	0,200	35,621	0,553	0,681	0,519
3,50	0,315	0,200	28,690	0,402	0,478	0,345
4,00	0,290	0,200	22,128	0,284	0,343	0,271
4,50	0,270	0,200	16,017	0,191	0,237	0,169
5,00	0,262	0,200	13,202	0,152	0,171	0,099
5,50	0,253	0,200	10,191	0,113	0,133	0,089
6,00	0,247	0,200	7,628	0,083	0,098	0,069
6,50	0,242	0,200	5,600	0,059	0,071	0,030
7,00	0,242	0,200	5,600	0,059	0,059	0,000
7,50	0,242	0,200	5,600	0,059	0,059	

En el ensayo de deshidratación para el tratamiento 4, se pesaron las bandejas con el producto cada 10 minutos durante las primeras 2 horas y posteriormente cada media hora hasta obtener un peso constante o humedad de equilibrio (5,6 en base húmeda o 0,059 en base seca). El proceso se llevó a cabo en un lapso de 7:30 horas de deshidratación.

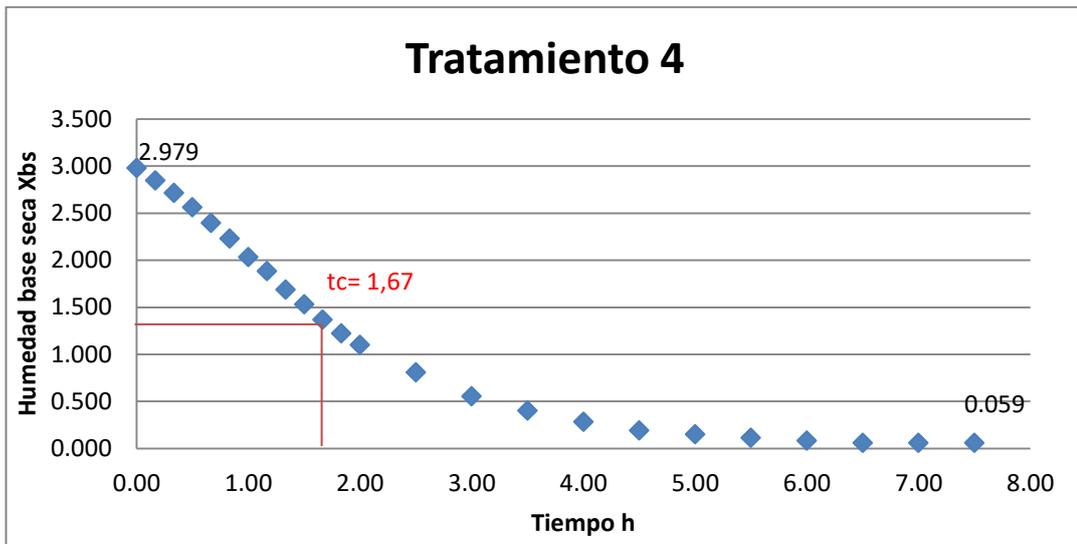


Gráfico 11. Curva de secado del tratamiento 4

Como se observa en el Gráfico 11, la humedad del producto en el tratamiento 4 va disminuyendo conforme avanza el tiempo hasta las 7:30 horas del proceso en donde llega al valor 0,059 en base seca o 5,6% de humedad, esta es denominada humedad de equilibrio.

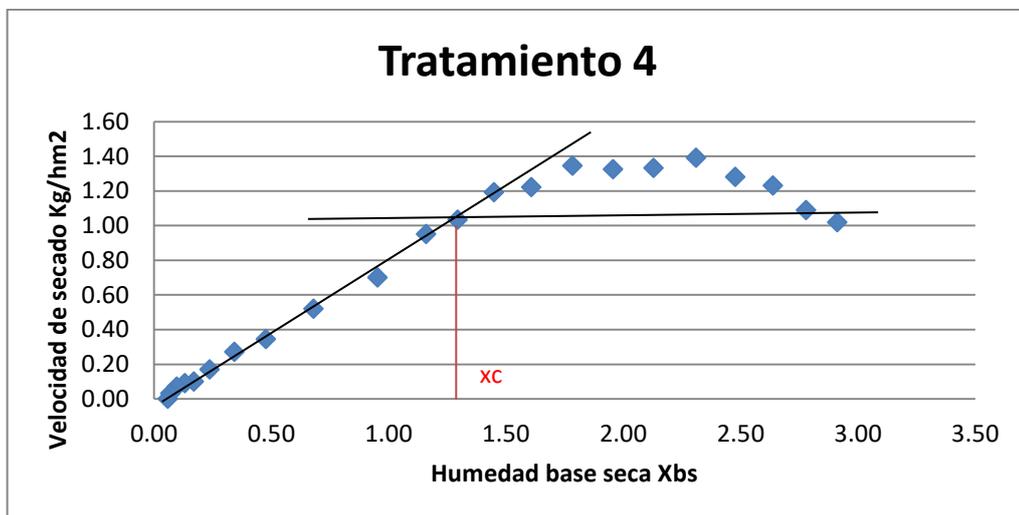


Gráfico 12. Velocidad de secado vs Humedad en base seca para el tratamiento 4

En el gráfico 12, se pueden apreciar claramente los períodos de secado (antecrítico y post crítico) separados por la línea que representa la humedad crítica que tiene

un valor de $X=1,29$. Esto quiere decir que, el período post-crítico, comienza a partir de 1h40min empezado el proceso de deshidratación.

4.2.5 CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL TRATAMIENTO 5 (12 HORAS DE REMOJO Y 6:00 HORAS DE COCCIÓN)

Tabla 43. Datos de los ensayos de deshidratación del Tratamiento 5

TRATAMIENTO 5						
Horas	Peso kg	Peso del Sólido seco kg	X base húmeda media	X base seca media	X base seca media	Velocidad de secado Kg/hm ²
Inicio	0,802	0,200	75,138	3,022		
0,17	0,762	0,200	73,573	2,784	2,903	1,640
0,33	0,730	0,200	72,186	2,595	2,690	1,476
0,50	0,697	0,200	70,585	2,400	2,497	1,494
0,67	0,663	0,200	68,811	2,206	2,303	1,813
0,83	0,613	0,200	65,840	1,927	2,067	1,945
1,00	0,572	0,200	62,961	1,700	1,814	1,504
1,17	0,542	0,200	60,563	1,536	1,618	1,180
1,33	0,515	0,200	58,202	1,392	1,464	1,081
1,50	0,488	0,200	55,640	1,254	1,323	0,970
1,67	0,467	0,200	53,270	1,140	1,197	0,860
1,83	0,445	0,200	50,747	1,030	1,085	0,781
2,00	0,427	0,200	48,360	0,936	0,983	1,269
2,50	0,378	0,200	41,174	0,700	0,818	0,581
3,00	0,333	0,200	32,551	0,483	0,591	0,444
3,50	0,305	0,200	26,082	0,353	0,418	0,313
4,00	0,280	0,200	19,245	0,238	0,296	0,235
4,50	0,265	0,200	14,468	0,169	0,204	0,167
5,00	0,252	0,200	9,703	0,107	0,138	0,128
5,50	0,243	0,200	6,461	0,069	0,088	0,069
6,00	0,240	0,200	5,100	0,054	0,061	0,020
6,5	0,240	0,200	5,100	0,054	0,054	0,000
7	0,240	0,200	5,100	0,054	0,054	

En el ensayo de deshidratación para el tratamiento 5, se pesaron las bandejas con el producto cada 10 minutos durante las primeras 2 horas y posteriormente cada media hora hasta obtener un peso constante o humedad de equilibrio (5,1 en base húmeda o 0,054 en base seca). El proceso se llevó a cabo en un lapso de 7 horas de deshidratación.

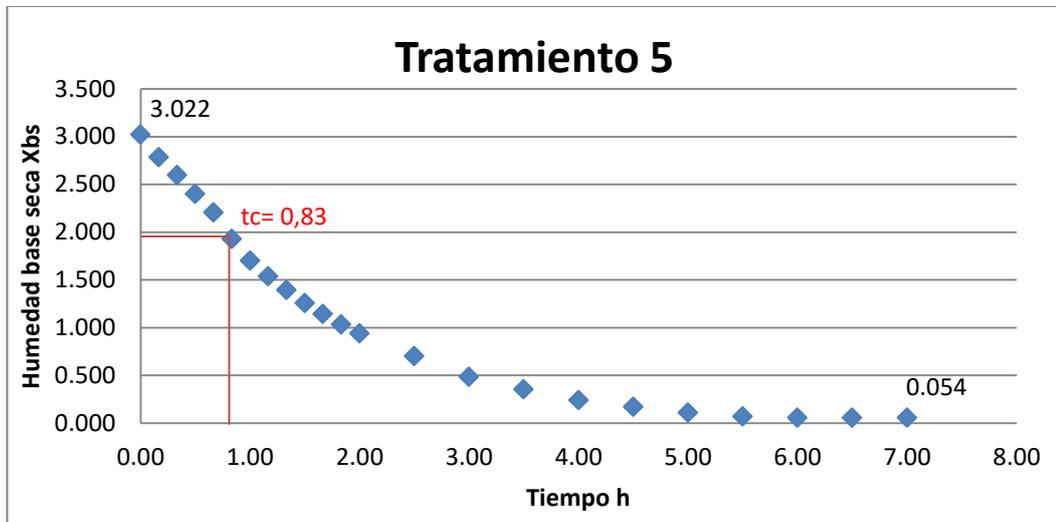


Gráfico 13. Curva de secado del tratamiento 5

Como se observa en el Gráfico 13, la humedad del producto en el tratamiento 5 va disminuyendo conforme avanza el tiempo hasta la séptima hora del proceso en donde llega al valor 0,054 en base seca o 5,1% de humedad, esta es denominada humedad de equilibrio.

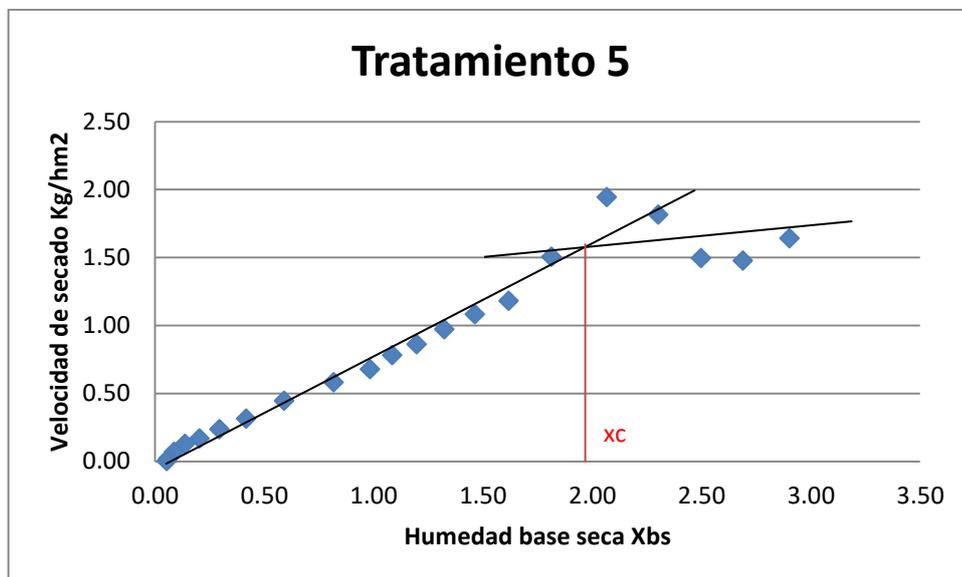


Gráfico 14. Velocidad de secado vs Humedad en base seca para el tratamiento 5

En el gráfico 14, se pueden apreciar claramente los períodos de secado (antecrítico y post crítico) separados por la línea que representa la humedad crítica que tiene

un valor de $X=1,92$. Esto quiere decir que, el período post-crítico, comienza a partir de 50min iniciado el proceso de deshidratación.

4.2.6 CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL TRATAMIENTO 6 (12 HORAS DE REMOJO Y 6:30 HORAS DE COCCIÓN)

Tabla 44. Datos de los ensayos de deshidratación del Tratamiento 6

TRATAMIENTO 6						
Horas	Peso kg	Peso del Sólido seco kg	X base húmeda	X base seca	X base seca media	Velocidad de secado kg/hm ²
Inicio	0,783	0,200	76,128	3,189		
0,17	0,720	0,200	73,588	2,786	2,988	2,546
0,33	0,678	0,200	71,639	2,526	2,656	1,903
0,50	0,640	0,200	69,610	2,291	2,408	1,894
0,67	0,597	0,200	67,025	2,033	2,162	1,960
0,83	0,553	0,200	64,030	1,780	1,906	1,742
1,00	0,518	0,200	61,225	1,579	1,680	1,459
1,17	0,487	0,200	58,337	1,400	1,490	1,255
1,33	0,460	0,200	55,597	1,252	1,326	0,991
1,50	0,440	0,200	53,317	1,142	1,197	0,838
1,67	0,420	0,200	50,833	1,034	1,088	0,755
1,83	0,403	0,200	48,597	0,945	0,990	0,677
2,00	0,387	0,200	46,169	0,858	0,902	1,205
2,50	0,343	0,200	38,713	0,632	0,745	0,539
3,00	0,305	0,200	30,383	0,436	0,534	0,422
3,50	0,278	0,200	23,195	0,302	0,369	0,288
4,00	0,260	0,200	17,428	0,211	0,257	0,190
4,50	0,248	0,200	13,330	0,154	0,182	0,126
5,00	0,240	0,200	10,148	0,113	0,133	0,084
5,50	0,235	0,200	8,123	0,088	0,101	0,063
6,00	0,230	0,200	6,009	0,064	0,076	0,042
6,50	0,228	0,200	5,300	0,056	0,060	0,010
7,00	0,228	0,200	5,300	0,056	0,056	0,000
7,50	0,228	0,200	5,300	0,056	0,056	

En el ensayo de deshidratación para el tratamiento 6, se pesaron las bandejas con el producto cada 10 minutos durante las primeras 2 horas y posteriormente cada media hora hasta obtener un peso constante o humedad de equilibrio (5,3 en base húmeda o 0,056 en base seca). El proceso se llevó a cabo en un lapso de 7:30 horas de deshidratación.

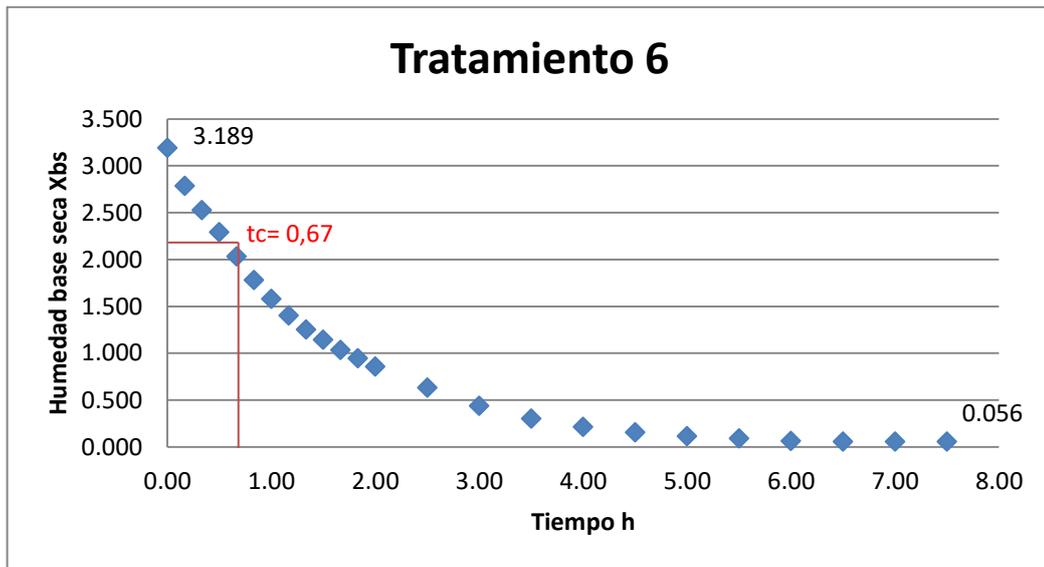


Gráfico 15. Curva de secado del tratamiento 6

Como se observa en el Gráfico 15, la humedad del producto en el tratamiento 6 va disminuyendo conforme avanza el tiempo hasta las 7:30 horas del proceso en donde llega al valor 0,056 en base seca o 5,3% de humedad, esta es denominada humedad de equilibrio.

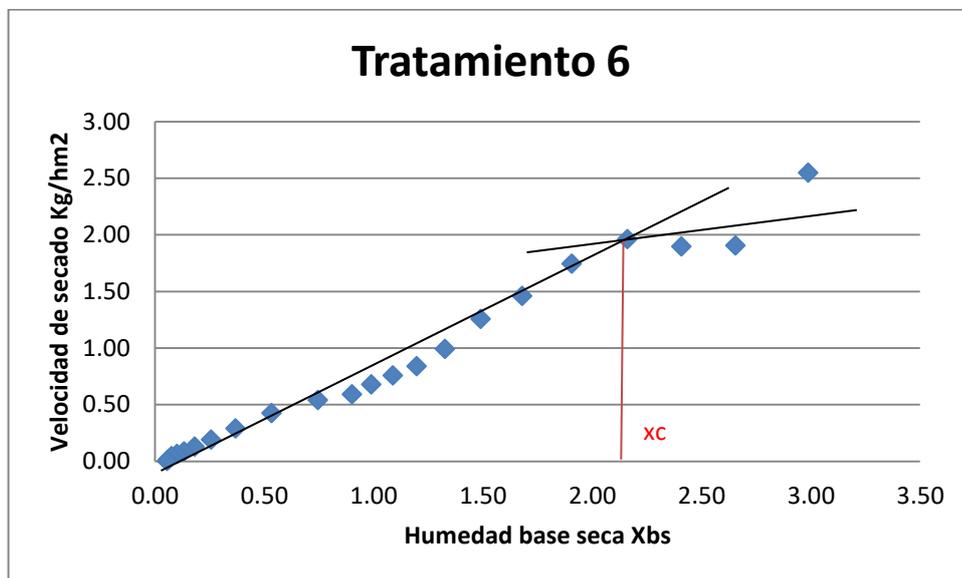


Gráfico 16. Velocidad de secado vs Humedad en base seca para el tratamiento 6

En el gráfico 16, se pueden apreciar claramente los períodos de secado (antecrítico y post crítico) separados por la línea que representa la humedad crítica que tiene

un valor de $X=2,2$. La humedad crítica llega a los 40 minutos de empezado el proceso.

4.3 ENSAYOS DE RECONSTITUCIÓN

4.3.1 ENSAYO DE RECONSTITUCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 1 (10 HORAS DE REMOJO Y 5:30 HORAS DE COCCIÓN)

Tabla 45. Ensayo de reconstitución para el tratamiento 1

TRATAMIENTO 1					
Tiempo min	Peso g	Sólido seco g	Agua g	X base húmeda	X base seca
0	5,1	4,8	0,3	5,8	0,06
1	10,1	4,8	5,3	52,48	1,10
2	11,3	4,8	6,5	57,52	1,35
3	11,9	4,8	7,1	59,66	1,48
4	12,5	4,8	7,7	61,60	1,60
5	12,9	4,8	8,1	62,79	1,69
10	14,1	4,8	9,3	65,96	1,94
15	14,7	4,8	9,9	67,35	2,06
20	15,5	4,8	10,7	69,03	2,23

En el ensayo de rehidratación para el tratamiento 1, se pesó 5,1 gramos de muestra de mote de maíz deshidratado con el 5,8% de humedad el cual se llevó a una estufa a ebullición, se pesó la muestra retirando del agua cada 1 minuto durante los primeros 5 minutos y posteriormente cada 5 minutos hasta obtener un producto suave y reconstituido que sea similar al producto recién cocido. El ensayo se llevó a cabo en un lapso de 20 minutos con un peso final de la muestra de 15,5g y humedad del 69,03%.

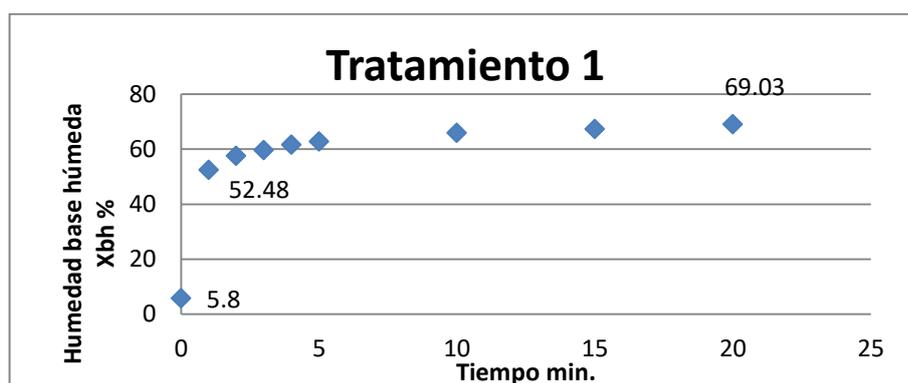


Gráfico 17. Humedad vs Tiempo para el tratamiento 1

En el gráfico 17, se observa que la humedad inicial del tratamiento 1 (5,8%) aumenta drásticamente en el primer minuto de rehidratación hasta 52,5%, después la humedad va aumentando paulatinamente, hasta que en el minuto 20 se tiene una muestra con humedad del 69,03%. La razón de que el mote deshidratado tome más de 20 minutos en obtener la textura del recién cocido, es debido que las moléculas de amilosa y amilopectina presentes en el almidón del grano han retrogradado, formando una estructura cristalina, que con el tiempo vuelve paulatinamente más rígido al grano.

4.3.2 ENSAYO DE RECONSTITUCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 2 (10 HORAS DE REMOJO Y 6:00 HORAS DE COCCIÓN)

Tabla 46. Ensayo de reconstitución para el tratamiento 2

TRATAMIENTO 2					
Tiempo min	Peso g	sólido seco g	Agua g	X base húmeda	X base seca
0	5,3	4,9	0,4	7	0,08
1	8,1	4,9	3,2	39,51	0,65
2	8,8	4,9	3,9	44,32	0,80
3	9,8	4,9	4,9	50,00	1,00
4	10,1	4,9	5,2	51,49	1,06
5	10,5	4,9	5,6	53,33	1,14
10	11,7	4,9	6,8	58,12	1,39
15	12,4	4,9	7,5	60,48	1,53
20	12,9	4,9	8	62,02	1,63

En el ensayo de rehidratación para el tratamiento 2, se pesó 5,3 gramos de muestra de mote de maíz deshidratado con el 7% de humedad, el cual se llevó a una estufa a ebullición, se pesó la muestra retirando del agua cada 1 minuto durante los primeros 5 minutos y posteriormente cada 5 minutos hasta obtener un producto suave y reconstituido que sea similar al producto recién cocido. El ensayo se llevó a cabo en un lapso de 20 minutos con un peso final de la muestra de 12,9g y humedad del 62,02%.

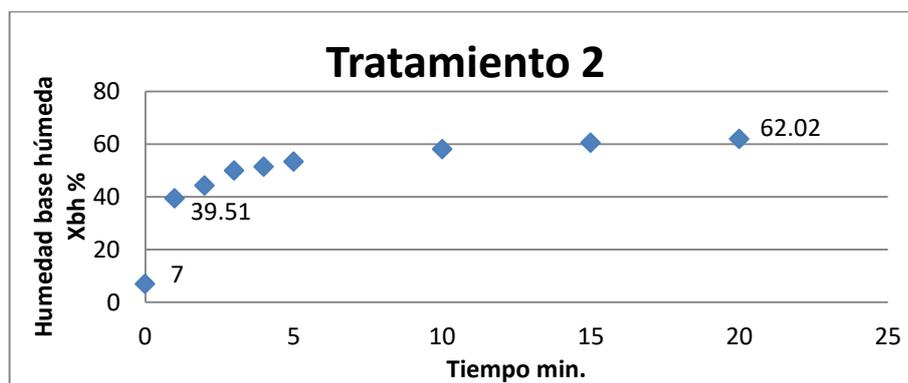


Gráfico 18. Humedad vs Tiempo para el tratamiento 2

En el gráfico 18, se observa que la humedad inicial del tratamiento 2 (7%) aumenta drásticamente en el primer minuto de rehidratación hasta 39,5%, después la humedad va aumentando paulatinamente, hasta que en el minuto 20 se tiene una muestra con humedad del 62,02%. La razón de que el mote deshidratado tome más de 20 minutos en obtener la textura del recién cocido, es debido que las moléculas de amilosa y amilopectina presentes en el almidón del grano han retrogradado, formando una estructura cristalina, que con el tiempo vuelve paulatinamente más rígido al grano.

4.3.3 ENSAYO DE RECONSTITUCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 3 (10 HORAS DE REMOJO Y 6:30 HORAS DE COCCIÓN)

Tabla 47. Ensayo de reconstitución para el tratamiento 3

TRATAMIENTO 3					
Tiempo min	Peso g	Sólido seco g	Agua g	X base húmeda	X base seca
0	5,6	5,16	0,44	7,8	0,09
1	8,7	5,16	3,54	40,69	0,69
2	9,7	5,16	4,54	46,80	0,88
3	10,3	5,16	5,14	49,90	1,00
4	10,8	5,16	5,64	52,22	1,09
5	11,4	5,16	6,24	54,74	1,21
10	12,7	5,16	7,54	59,37	1,46
15	13,9	5,16	8,74	62,88	1,69
20	14,7	5,16	9,54	64,90	1,85

En el ensayo de rehidratación para el tratamiento 3, se pesó 5,6 gramos de muestra de mote de maíz deshidratado con el 7,8% de humedad, el cual se llevó a una estufa a ebullición, se pesó la muestra retirando del agua cada 1 minuto durante los primeros 5 minutos y posteriormente cada 5 minutos hasta obtener un producto suave y reconstituido que sea similar al producto recién cocido. El ensayo se llevó a cabo en un lapso de 20 minutos con un peso final de la muestra de 14,7g y humedad del 64,9%.

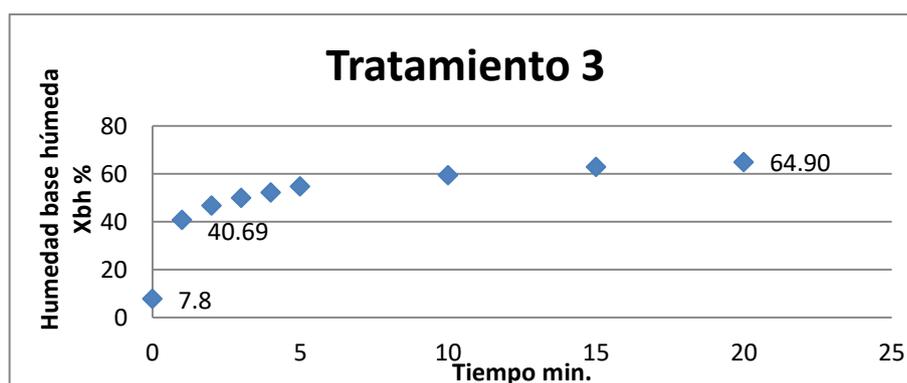


Gráfico 19. Humedad vs Tiempo para el tratamiento 3

En el gráfico 19, se observa que la humedad inicial del tratamiento 3 (7,8%), aumenta drásticamente en el primer minuto de rehidratación hasta 40,7%, después la humedad va aumentando paulatinamente, hasta que en el minuto 20 se tiene una muestra con humedad del 64,9%. La razón de que el mote deshidratado tome

más de 20 minutos en obtener la textura del recién cocido, es debido que las moléculas de amilosa y amilopectina presentes en el almidón del grano han retrogradado, formando una estructura cristalina, que con el tiempo vuelve paulatinamente más rígido al grano.

4.3.4 ENSAYO DE RECONSTITUCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 4 (12 HORAS DE REMOJO Y 5:30 HORAS DE COCCIÓN)

Tabla 48. Ensayo de reconstitución para el tratamiento 4

TRATAMIENTO 4					
Tiempo min	Peso g	solido seco g	Agua g	X base húmeda %	X base seca
0	5,2	4,88	0,32	6,2	0,07
1	7,5	4,88	2,62	34,93	0,54
2	8,2	4,88	3,32	40,49	0,68
3	9,1	4,88	4,22	46,37	0,86
4	9,3	4,88	4,42	47,53	0,91
5	9,8	4,88	4,92	50,20	1,01
10	10,7	4,88	5,82	54,39	1,19
15	11,7	4,88	6,82	58,29	1,40
20	12,2	4,88	7,32	60,00	1,50

En el ensayo de rehidratación para el tratamiento 4, se pesó 5,2 gramos de muestra de mote de maíz deshidratado con el 6,2% de humedad, el cual se llevó a una estufa a ebullición, se pesó la muestra retirando del agua cada 1 minuto durante los primeros 5 minutos y posteriormente cada 5 minutos hasta obtener un producto suave y reconstituido que sea similar al producto recién cocido. El ensayo se llevó a cabo en un lapso de 20 minutos con un peso final de la muestra de 12,2g y humedad del 60%.

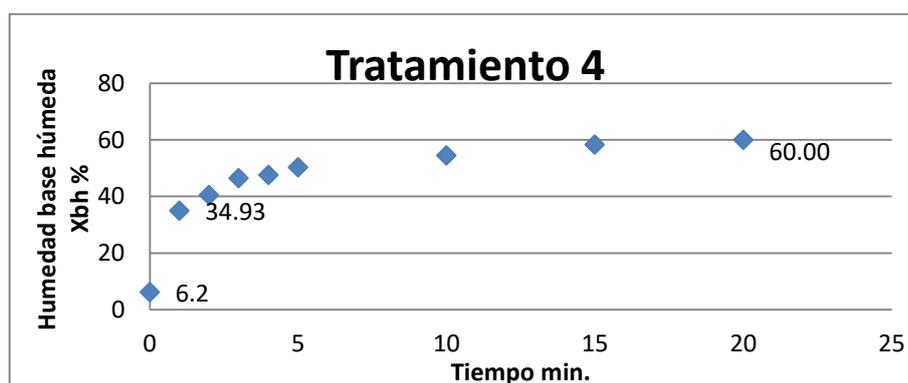


Gráfico 20. Humedad vs Tiempo para el tratamiento 4

En el gráfico 20, se observa que la humedad inicial del tratamiento 4 (6,2%), aumenta drásticamente en el primer minuto de rehidratación hasta 34,9%, después la humedad va aumentando paulatinamente, hasta que en el minuto 20 se tiene una muestra con humedad del 60%. %. La razón de que el mote deshidratado tome más de 20 minutos en obtener la textura del recién cocido, es debido que las moléculas de amilosa y amilopectina presentes en el almidón del grano han retrogradado, formando una estructura cristalina, que con el tiempo vuelve paulatinamente más rígido al grano.

4.3.5 ENSAYO DE RECONSTITUCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 5 (12 HORAS DE REMOJO Y 6:00 HORAS DE COCCIÓN)

Tabla 49. Ensayo de reconstitución para el tratamiento 5

TRATAMIENTO 5					
Tiempo min	Peso g	Sólido seco g	Agua g	X base húmeda	X base seca
0	5,4	5	0,4	7,3	0,08
1	7,8	5	2,8	35,90	0,56
2	8,9	5	3,9	43,82	0,78
3	9,3	5	4,3	46,24	0,86
4	9,7	5	4,7	48,45	0,94
5	10,2	5	5,2	50,98	1,04
10	11,4	5	6,4	56,14	1,28
15	12,1	5	7,1	58,68	1,42
20	12,8	5	7,8	60,94	1,56

En el ensayo de rehidratación para el tratamiento 5, se pesó 5 gramos de muestra de mote de maíz deshidratado con el 7,3% de humedad, el cual se llevó a una estufa a ebullición, se pesó la muestra retirando del agua cada 1 minuto durante los primeros 5 minutos y posteriormente cada 5 minutos hasta obtener un producto suave y reconstituido que sea similar al producto recién cocido. El ensayo se llevó a cabo en un lapso de 20 minutos con un peso final de la muestra de 12,8g y humedad del 60,9%.

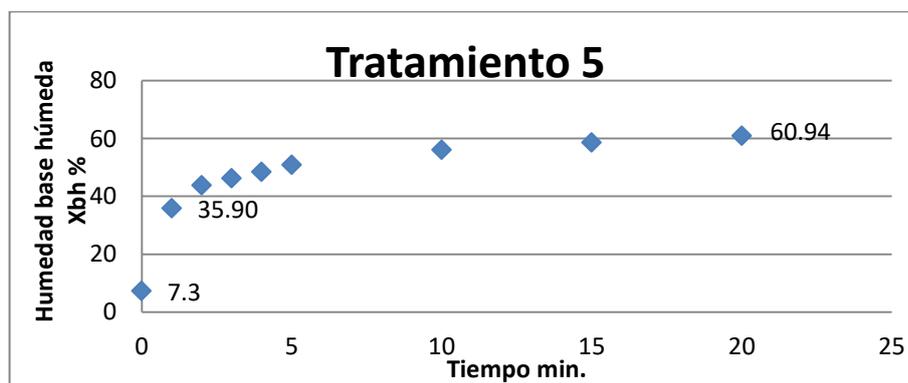


Gráfico 21. Humedad vs Tiempo para el tratamiento 5

En el gráfico 21, se observa que la humedad inicial del tratamiento 5 (7,3%), aumenta drásticamente en el primer minuto de rehidratación hasta 35,9%, después la humedad va aumentando paulatinamente, hasta que en el minuto 20 se tiene una muestra con humedad del 60,9%. La razón de que el mote deshidratado tome más de 20 minutos en obtener la textura del recién cocido, es debido que las moléculas de amilosa y amilopectina presentes en el almidón del grano han retrogradado, formando una estructura cristalina, que con el tiempo vuelve paulatinamente más rígido al grano.

4.3.6 ENSAYO DE RECONSTITUCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 6 (12 HORAS DE REMOJO Y 6:30 HORAS DE COCCIÓN)

Tabla 50. Ensayo de reconstitución para el tratamiento 6

TRATAMIENTO 6					
Tiempo min	Peso g	Sólido seco g	Agua g	X base húmeda	X base seca
0	5,7	5,2	0,5	7,6	0,10
1	8,8	5,2	3,6	40,91	0,69
2	10,4	5,2	5,2	50,00	1,00
3	11,3	5,2	6,1	53,98	1,17
4	12	5,2	6,8	56,67	1,31
5	12,5	5,2	7,3	58,40	1,40
10	14,1	5,2	8,9	63,12	1,71
15	15	5,2	9,8	65,33	1,88
20	15,8	5,2	10,6	67,09	2,04

En el ensayo de rehidratación para el tratamiento 6, se pesó 5 gramos de muestra de mote de maíz de deshidratado con el 7,6% de humedad, el cual se llevó a una estufa a ebullición, se pesó la muestra retirando del agua cada 1 minuto durante los primeros 5 minutos y posteriormente cada 5 minutos hasta obtener un producto suave y reconstituido que sea similar al producto recién cocido. El ensayo se llevó a cabo en un lapso de 20 minutos con un peso final de la muestra de 15,8g y humedad del 67,09%.

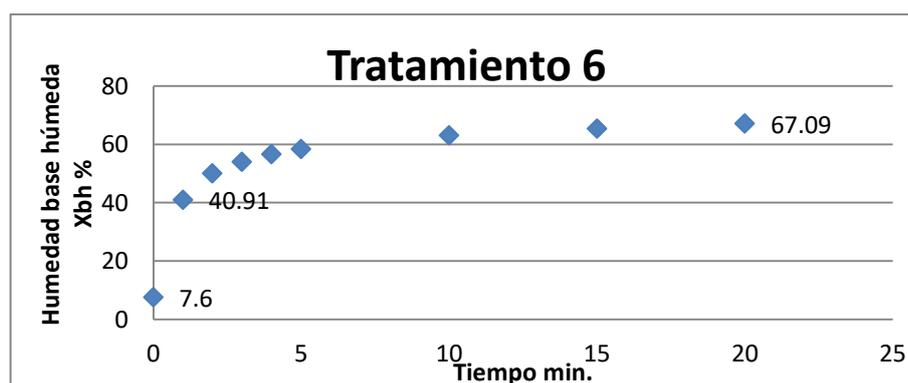


Gráfico 22. Humedad vs Tiempo para el tratamiento 6

En el gráfico 22, se observa que la humedad inicial del tratamiento 6 (7,6%), aumenta drásticamente en el primer minuto de rehidratación hasta 40,9%, después la humedad va aumentando paulatinamente, hasta que en el minuto 20 se tiene una muestra con humedad del 67,1%. La razón de que el mote deshidratado tome más

de 20 minutos en obtener la textura del recién cocido, es debido que las moléculas de amilosa y amilopectina presentes en el almidón del grano han retrogradado, formando una estructura cristalina, que con el tiempo vuelve paulatinamente más rígido al grano.

4.3.7 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO RECONSTITUIDO

Las variables cualitativas que se tomaron en cuenta para la comparación del producto cocido con el producto reconstituido fueron; sabor, color, aroma, textura y finalmente se evaluó la aceptabilidad del producto reconstituido. El análisis organoléptico se realizó con todos los tratamientos con un panel de 15 degustadores, conformado por los estudiantes de ingeniería agroindustrial de la Universidad Técnica del Norte utilizando fichas de evaluación organoléptica.

Para la evaluación de las variables descritas, se aplicaron las pruebas no paramétricas de Friedman:

$$x^2 = \frac{12}{rt(t+1)} \sum R^2 - 3r(t+1)$$

Dónde:

r = Numero de degustadores

t = Tratamientos

ΣR^2 = Sumatoria de rangos al cuadrado

Para esta comparación se manejaron dos hipótesis:

H0=Las medianas de los resultados sumados para los 6 tratamientos son iguales

H1=Las medianas de los resultados sumados para los 6 tratamientos son diferentes

4.3.7.1 Sabor

Tabla 51. Comparación del sabor

Trat.	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	Sumatoria	Media
T1	6	2	2	2	2	1	6	3	3	1,5	3,5	2	1,5	1,5	1,5	35,5	2,37
T2	3	3	4	2	2	4	4	3	6	3	5,5	4,5	1,5	3	3	49	3,27
T3	3	2	1	4	4	4	2	3	3	1,5	1,5	2	4	1,5	1,5	36,5	2,43
T4	3	5	4	4	4	4	2	3	3	4,5	3,5	4,5	4	4,5	4,5	55,5	3,7
T5	3	5	6	4	4	4	2	6	3	4,5	1,5	2	4	4,5	4,5	56	3,73
T6	3	6	6	6	6	4	6	6	6	6	5,5	6	6	6	6	82,5	5,5

Existe alta significación estadística para la comparación del sabor, en la tabla 48, se aprecia que el tratamiento 6 (12horas de remojo y 6:30 horas de cocción) tiene la media más alta con valor de 5,5; seguido por el tratamiento 5 (12 horas de remojo y 6:00 horas de cocción) con valor de 3,73. Esto quiere decir, que los tratamientos; 5y6 tienen el mismo sabor, tanto recién cocidos como rehidratados.

Tabla 52. Resultados de la comparación del sabor

Variables cualitativas	X ² Cal	X ² Tab	
		5%	1%
Sabor	28,16**	11,071	15,086

Según los resultados expuestos en la tabla 49, los degustadores encontraron diferencia significativa entre los tratamientos. Esto quiere decir que los tratamientos son diferentes, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa

4.3.7.2 Color

Tabla 53. Comparación color

Trat.	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	Sumatoria	Media
T1	5	3	2	3,5	2,5	3	5,5	3	3,5	1,5	3	6	2,5	3	5	52	3,47
T2	5	5,5	5	1,5	1	3	5,5	3	3,5	1,5	5,5	2	1	5,5	5	53,5	3,57
T3	5	3	2	3,5	4,5	3	2,5	3	3,5	3,5	3	2	4,5	3	2,5	48,5	3,23
T4	4	1	2	1,5	2,5	6	2,5	3	3,5	5,5	1	2	2,5	1	1	39	2,60
T5	1,5	3	5	5,5	4,5	3	2,5	3	3,5	3,5	3	4,5	4,5	3	2,5	52,5	3,50
T6	1,5	5,5	5	5,5	6	3	2,5	6	3,5	5,5	5,5	4,5	6	5,5	5	70,5	4,70

Existe alta significación estadística para la comparación del color, en la tabla 50, se aprecia que el tratamiento 6 (12horas de remojo y 6:30 horas de cocción) tiene la media más alta con valor de 4,7; seguido por el tratamiento 2 (10 horas de remojo y 6:00 horas de cocción) con valor de 3,57. Esto quiere decir, que los tratamientos; 6y2 tienen el mismo color, tanto recién cocidos como rehidratados.

Tabla 54. Resultados de la comparación del color

Variables cualitativas	X ² Cal	X ² Tab	
		5%	1%
Color	11,97*	11,071	15,086

Según los resultados expuestos en la tabla 51, los degustadores encontraron diferencia significativa entre los tratamientos. Esto quiere decir que los tratamientos son diferentes, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa.

4.3.7.3 Aroma

Tabla 55. Comparación del aroma

Trat.	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	Sumatoria	Media
T1	2,5	1,5	1	1	2	5,5	3,5	1,5	3,5	2,5	2	1,5	5,5	2	1,5	37	2,47
T2	5	1,5	2,5	2	1	5,5	3,5	1,5	3,5	1	5,5	1,5	5,5	5,5	1,5	46,5	3,10
T3	5	4	5	4,5	4,5	4	3,5	4,5	3,5	2,5	4	4	4	4	4	61	4,07
T4	2,5	4	2,5	4,5	4,5	2	3,5	4,5	3,5	5	2	4	2	2	4	50,5	3,37
T5	1	4	5	4,5	4,5	2	3,5	4,5	3,5	5	2	4	2	2	4	51,5	3,43
T6	5	6	5	4,5	4,5	2	3,5	4,5	3,5	5	5,5	6	2	5,5	6	68,5	4,57

Existe alta significación estadística para la comparación del color, en la tabla 52, se aprecia que el tratamiento 6 (12horas de remojo y 6:30 horas de cocción) tiene la media más alta con valor de 4,57; seguido por el tratamiento 3 (10 horas de remojo y 6:30 horas de cocción) con valor de 4,07. Esto quiere decir, que los tratamientos; 6y3 tienen el mismo aroma, tanto recién cocidos como rehidratados.

Tabla 56. Resultados de la comparación del aroma

Variables cualitativas	X ² Cal	X ² Tab	
		5%	1%
Aroma	11,60*	11,071	15,086

Según los resultados expuestos en la tabla 53, los degustadores encontraron diferencia significativa entre los tratamientos. Esto quiere decir que los tratamientos son diferentes, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa.

4.3.7.4 Textura

Tabla 57. Comparación de la textura

Trat.	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	Sumatoria	Media
T1	2	2	2	1	2	2	6	1	2	2	1	3	5,5	1,5	1,5	32	2,13
T2	5	5	5	2	2	5	6	3	5	2	4,5	3	5,5	5	5	61,5	4,10
T3	2	3	3	4	4	2	3	3	2	2	2,5	3	2,5	3	3	41	2,73
T4	2	2	2	4	4	5	3	3	2	4	4,5	3	2,5	1,5	1,5	42	2,80
T5	5	5	5	4	4	5	3	6	5	5,5	2,5	3	2,5	5	5	64	4,27
T6	5	5	5	6	6	5	3	6	5	5,5	6	6	2,5	5	5	74,5	4,97

Existe alta significación estadística para la comparación de la textura, en la tabla 54, se aprecia que el tratamiento 6 (12 horas de remojo y 6:30 horas de cocción) tiene la media más alta con valor de 4,97; seguido por el tratamiento 5 (12 horas de remojo y 6:00 horas de cocción) con valor de 4,27. Esto quiere decir, que los tratamientos; 5y6 tienen la misma textura, tanto recién cocidos como rehidratados.

Tabla 58. Resultados de la comparación de la textura

Variables cualitativas	X ² Cal	X ² Tab	
		5%	1%
Textura	25,9**	11,071	15,086

Según los resultados expuestos en la tabla 55, los degustadores encontraron diferencia significativa entre los tratamientos. Esto quiere decir que los tratamientos son diferentes, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa.

4.3.7.5 Aceptabilidad del producto

Tabla 59. Aceptabilidad

Trat.	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	Sumatoria	Media
T1	2	1	4	2	4	4	6	1	2	1	2,5	2	1	3	2	36,6	2,44
T2	5	2	4	2	4	4	3	4	5	2,5	5,5	2	4	3	2	51,1	3,41
T3	2	4	1	2	4	1	3	4	2	2,5	2,5	4,5	4	1	2	39,1	2,61
T4	2	4	4	5	4	4	3	4	2	4,5	2,5	4,5	4	3	5	54,6	3,64
T5	5	4	4	5	4	4	3	4	5	4,5	2,5	2	4	5,5	5	60,6	4,04
T6	5	6	6	5	4	4	3	4	5	6	5,5	6	4	5,5	5	73,6	4,91

Existe alta significación estadística para la aceptabilidad del producto rehidratado, en la tabla 56, se aprecia que el tratamiento 6 (12 horas de remojo y 6:30 horas de cocción) tiene la media más alta con valor de 4,91; seguido por el tratamiento 5 (12 horas de remojo y 6:00 horas de cocción) con valor de 4,04. Esto quiere decir, que los tratamientos; 5 y 6 son los más aceptados según los degustadores.

Tabla 60. Resultados de la aceptabilidad

Variables cualitativas	X ² Cal	X ² Tab	
		5%	1%
Aceptabilidad	19,28**	11,071	15,086

Según los resultados expuestos en la tabla 57, los degustadores encontraron diferencia significativa entre los tratamientos. Esto quiere decir que los tratamientos son diferentes, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Los resultados que se obtuvieron en la investigación dan lugar a las siguientes conclusiones:

- El almidón del maíz, obtenido de la materia prima, tiene valores de índice de absorción de agua (2,37), índice de solubilidad en agua (4,39%) y poder de hinchamiento (2,48). Estos valores indican que en la nixtamalización el almidón empieza ya un proceso de gelatinización.
- Después del remojo y la cocción, el almidón que constituye el maíz, tiene un grado de gelatinización igual en todos los tratamientos. Los valores; índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH) no tienen significancia estadística. Esto no quiere decir que sensorialmente los granos sean iguales; ya que los que están más cocidos son más blandos y tienen mayor porcentaje de apertura (como roseta) y los que se han llevado a un proceso de cocción más corto se presentan más duros y con un porcentaje de granos abiertos inferior. Los granos suaves y abiertos tienen un grado de aceptación mayor.
- Los tratamientos que se han sometido a un proceso de cocción más extendido, han permitido el transporte de agua más eficientemente, desde el interior hacia el exterior del producto. Esto es debido a que, a más tiempo de cocción, el almidón presente en el mote rebasa su máximo nivel de absorción de agua y se provoca la ruptura de su estructura granular, facilitando la difusión del líquido en el proceso de deshidratación.

- Las gráficas de humedad en base seca versus tiempo, tienen una curva de deshidratación típica de un producto granular de capilares porosos, lo que indica que el proceso de deshidratación se llevó a cabo de manera normal.
- El equipo deshidratador utilizado en la experimentación es para producción industrial, los valores de velocidad de secado presentan una gran fluctuación, debido a que, para la recopilación de datos se debe abrir la puerta del deshidratador. Para poder interpretar las curvas de velocidad de secado versus humedad en base seca realizadas en esta investigación, es necesario establecer líneas de tendencia, para así definir las humedades; crítica, equilibrio y conocer los dos períodos de secado.
- Los ensayos de reconstitución del mote deshidratado, le devolvieron la mayoría de sus características organolépticas, en un lapso de 20 minutos. El producto deshidratado, es higroscópico y al ponerle en contacto con agua hirviendo, absorbe rápidamente hasta un punto de saturación de líquido.
- Para llegar a tener características más parecidas del mote rehidratado, con respecto del mote recién cocido, se debe extender 5 minutos el proceso de rehidratación hasta obtener una humedad parecida.

5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Para prolongar la vida útil del producto se recomienda usar aditivos en la cocción del mote, que retarden la retrogradación de los almidones, evitando así el endurecimiento del grano y facilitando su reconstitución.
- ✓ Para la elaboración de curvas de velocidad de secado más precisas, se recomienda hacer ensayos de deshidratación en un equipo de laboratorio, que cuente con una báscula interna, que permita ir tomando datos de peso del producto, sin abrir la puerta del deshidratador.
- ✓ Los parámetros que se recomiendan para la deshidratación del mote cocido son: temperatura 80°C, velocidad de flujo de aire 4m/s, los granos deben estar esparcidos por toda la bandeja y un tiempo de deshidratación de 4 horas. La humedad de conservación será máximo el 14% según la norma INEN de conservación de pastas alimenticias.

- ✓ Rotar las bandejas que están dentro del deshidratador, durante el proceso, cada cierto tiempo, para que el producto tenga una deshidratación uniforme.
- ✓ Se recomienda hervir al mote deshidratado durante 25 minutos para asegurar su reconstitución y consumirlo inmediatamente, ya que al ser un producto pre-cocido pierde con facilidad agua.

REFERENCIAS

- Amores Vizuet, D. (2011). *Evaluación nutritiva y neutracética de la mora de catilla (Rubus Glaucus) deshidratada por el método de liofilización y comparación con la obtenida por deshidratación en microondas y secador de bandejas*. ESPOCH, Riobamba.
- Andalzua Morales, A. (2004). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. España: ACRIBA S.A ZARAGOZA (ESPAÑA).
- Andalzua, M. A. (2004). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. España: Acriba S.A Zaragoza (España).
- Asociación Europea para las Especies. (11-14 de Febrero de 2014). *Comisión del codex alimentarius*. Recuperado el 15 de Julio de 2015, de Programa conjunto del la FAO/OMS sobre normas alimentarias comité obre especias y hierbas culinarias:
ftp://ftp.fao.org/codex/meetings/ccsch/ccsch1/sc01_03s.pdf
- Aspurz Tabar, J. (2011). *Obtención de curvas de secado de tomillo (Thymus vulgaris)*. MINAS GERAIS – BRASIL.
- B.M. Watts, W. (2012). Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. En W. B.M. Watts, *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos* (págs. 39-41). Ontario: International Development Research Centre.
- Badui, S. (2013). *Química de los alimentos*. México: Pearson.

- Balcazar, D. M. (2009). *Diseño de un triturador de cacao*. Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero mecánico, Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Balcazar, D. M. (2009). *Diseño de un triturador de cacao*. Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero mecánico, Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Barberán, T. (2003). *Los Polifenoles de los alimentos y la salud*. Copyright.
- Barbosa, G., Vega, H., & Ibarz, A. (2008). *Deshidratación de alimentos*. Madrid España: ACRIBIA.
- Barragán, L. A. (2001). ¿Qué son las fibras dietéticas? *Reforma*, 8.
- Barrera, V., Brito, B., Caicedo, C., & Córdova, J. (2003). *Raíces y Tubérculos andinos: alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador*. Quito-Ecuador.
- Barreto, H. (2005). *Liofilización un método de secado para alimentos*. Lima-Perú.
- Barreto, H. (2010). *Liofilización un método de secado para alimentos*. Lima, Perú.
- Beltran , E., Jácome, B., & Matute, E. (2014). *Elaboración de té verde aromático con rosas orgánicas "Viality" de Nevado Ecuador*. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- Berradre, M., González, C., Sulbarán , B., & Fernánd, V. (2013). Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de extractos de semilla de uva (*Vitis vinifera*) variedad Malvasia y Tempranillo. *Fac. Agron. (LUZ) Universidad del Zulia*, 619-631.
- Boateng, P., & Axtell, B. (2003). *Técnicas de envasado y empaque*. New York: UNIFEM.
- Bueno, M. R. (2008). *Historia de las hierbas mágicas y medicinales* (Nowtilus S. L. ed.). (S. Rodrigues, Ed.) Madrid.

- Calle Benites, R. E., & Aparicio Baidal, J. J. (2011). *Diseño de una planta de deshidratación de hierbas aromáticas*. Pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.
- Casp Vanaclocha, A., & Abril Renquena, J. (2008). *Proceso de Conservación de Alimentos*. España: Mundi- Prensa.
- Casp, V., Raquea, A. A., & Jose. (2008). *Proceso de Conservación de Alimentos*. Mundi- Prensa.
- Castells, X. E. (2011). *Sistema de Tratamiento Térmico*.
- Castells, X. E. (2012). *Sistema de Tratamiento Térmico*. Ediciones Díaz de Santos.
- Centro internacional de la papa. (2001). *De los Andes a tu mesa*. CONSENSAN.
- Codex Alimentarius*. (2007). Recuperado el 11 de 02 de 2015, de Codex Alimentarius:
ftp://ftp.fao.org/codex/publications/procManuals/Manual_17s.pdf
- Colina, Irezabal, M. L. (2010). *Deshidratación de alimentos*. México: Trillas.
- Como mezclar hierbas aromáticas y especias*. (s.f.). Recuperado el 16 de 04 de 2015, de Como mezclar hierbas aromáticas y especias:
http://www.valoryempresa.com/archives/cursos/cocina2/tema13.htm#_To c116990627
- Contreras, M. . (2006). *Influencia del método de secado en parámetros de calidad relacionados con la estructura y el color de manzana y fresa deshidratada*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Tecnología dde Alimentos, Valencia.
- Cordero, J. (2012). *OBTENCIÓN DE MOTE A PARTIR DE MAÍZ (Zea mays L.) VARIEDAD INIAP-111 GUAGAL MEJORADO, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE HIDRÓXIDO DE CALCIO CAL-P24 Y CONTROL DE TIEMPOS DE COCCIÓN, PARA LA REMOCIÓN DE LA CUTÍCULA*. Guaranda Ecuador.

- Corpoica. (2015). La deshidratación de Frutas. *Corporación colombiana de investigación agropecuaria*, 8.
- Correa Benito, C. S. (26 de 09 de 2011). *Monografías.com*. Recuperado el 08 de 10 de 2015, de Propiedades físicas de los materiales: <http://www.monografias.com/trabajos88/propiedades-fisicas-materiales/propiedades-fisicas-materiales.shtml>
- Cuaspu, J. A. (2008). *Elaboración de manjar blanco saborizado,utilizandoleche concentrada por microfiltración tangencial reconstituida con grasa vegetal y animal*. Ibarra.
- Cuaspu, J. A. (2008). *Elaboración de manjar blanco saborizado,utilizandoleche concentrada por microfiltración tangencial reconstituida con grasa vegetal y animal*. Ibarra.
- Cuesta, X., & Yáñez, E. (2001). *Información técnica de la variedad de melloco INIAP-CARAMELO*.
- De Lucas, A. (2004). *TERMOTÉCNIA BÁSICA PARA LOS INGENIEROS QUÍMICOS*. Cuenca-España: Universidad de Castilla.
- Dolores, Romero de Soto, M. (2012). *Estudio de farmacotecnia y desarrollo de formas de dosificación de vegetales deshidratados para su aplicación en pediatría y personas de la tercera edad*. Universidad de Granada, De farmacia y tecnología y tecnología farmacéutica . Granada: Editorial de la Universidad de Granada.
- Egúez, J., & Pintado, P. (2010). *Ficha técnica variedad de maíz blanco harinoso para el consumo humano*. Cuenca-Ecuador: INIAP.
- Espinoza, P., & Crissman, C. (2007). *Raíces y tubérculos andinos: consumo, aceptabilidad y procesamiento*. Quito-Ecuador: ABYA-YALA.
- Faicán Benenaula , M. (2009). *Potencial antioxidante y caracterización de ADN de plantas nativas ecuatorianas: Mortiño (Vaccinium floribundum) Ataco (Amaranthus caudatus) y Maíz morado (Zea mays)*. Universidad del Azuay, Escuela de Ingeniería en Alimentos, Cuenca.

- Fajardo, P. (2010). *Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa de producción y comercialización de té a base de plantas medicinales y otros productos naturales en la Ciudad de Quito*. Proyecto de Pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- Fajardo, P. (2010). *Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa de producción y comercialización de té a base de plantas medicinales y otros productos naturales en la Ciudad de Quito*. Proyecto de Pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- FAO-CIMMYT. (2014). *El maíz blanco: un cereal de consumo tradicional en los países en desarrollo*. Roma.
- Fito, P., Andrés, A., Barat, J., & Albors, A. (2011). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*. Valencia España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Gearkoplis, C. J. (2005). *Proceso de transporte y operaciones unitarias* (Vol. Tercera edición). Mexico: Continental, S.A de C.V.Mexico.
- Gonzales Arguinzones, U. (2009). *El maíz y los productos de su industrialización*. México: Trillas.
- Guillén Varela, J. (2012). Karité, aloe vera y rosa mosqueta, ayudas en atopía. *Correo farmacéutico*, 19.
- HERNANDEZ, A. (2012). MICROBIOLOGIA INDUSTRIAL. En A. HERNANDEZ, *MICROBIOLOGIA INDUSTRIAL* (págs. 23-24). LIMA.
- Hernandez, E. (2005). Evaluación sensorial. En E. Hernandez, *Evaluación sensorial* (págs. 5-23). Bogota: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Ibarz, A., & Barbosa, G. (2005). *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*. Madrid España: Mundi-prensa.
- IICA. (2004). *Experiencias en el cultivo de maíz en el área andina*. Quito, Ecuador: Prociandino.

- IICA. (2008). *Agroindustria rural*. San José, Costa Rica.
- IICA. (2009). *Compendio de agronomía tropical*. San José, Costa Rica: AGRIS.
- IICA. (2013). *Experiencias en el cultivo del maíz en el área Andina III*. Quito, Ecuador: PROCIANDINO.
- Inen. (2013). Hierbas aromáticas. *Norma técnica ecuatoriana*. Ecuador.
- INIAP. (2004). *Textura de Alimentos*. Quito-Ecuador: INIAP.
- Iñigues, B. D. (2007). *Desarrollo y aplicación de la tecnología de secado en la elaboración de una tisana con base a hojas de jicama (smallanthus sonchifolius) y glomérulos de ataco (amaranthus hybridus)*. Tesis Pregrado, Escuela Politécnica Nacional, Carrera de ingeniería Agroindustrial, Quito.
- Iñiguez, B. D. (2007). *Desarrollo y aplicación de la tecnología de secado en la elaboración de una tisana con base a hojas de jicama (smallanthus sonchifolius) y glomérulos de ataco (amaranthus hybridus)*. Tesis Pregrado, Escuela Politécnica Nacional, Carrera de ingeniería Agroindustrial, Quito.
- Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P., & Brulé, G. (2006). *Ciencia de Los Alimentos Bioquímica Microbiología Procesos Productos*. ACRIBIA.
- Lideres. (2013). La fruta seca suma consumidores locales. *Líderes*.
- Mapez Sanches , E., & Espitia Rangel, E. (2010). *Recopilación y análisis de la información existente de las especies del genero amaranthus cultivadas y de sus posibles*. Instituto de Biología UNAM .
- Marín, E., Lemus, R., Flores, V., & Vega, A. (2006). LA REHIDRATACIÓN DE ALIMENTOS DESHIDRATADOS. *Revista chilena de nutrición*.
- Marin, Gomez, M., Medina, Armijos, C., Salinas, Medina, H., Villacres, Poveda, E., Barriga, Maldonado, M., & Marín, Gómez, S. (2014). Evaluación del efecto inmunoestimulante de extracto de amaranthus hybridus l. y sus

componentes en la activación de células linfoides. En *Centro de biología Vol 3* (pág. 77). Loja.

Maupoey, P. F., Andrés Grau, A. M., Barat Baviera, J. M., & Albors Solora, A. M. (2001). *Introducción al Secado de Alimentos por Aire Caliente*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Mujica, P. X. (2012). *Hierbas que Curan*. (E. S.A, Ed.) Buenos Aires, Argentina.

Muñoz, F. (2002). *Plantas Medicinales y Aromáticas Estudio Cultivo y Procesado* (Vol. IV). (M. prensa, Ed.) Madrid, España: Aedos s.a.

Orrego, C. (2013). *PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS*. Manizales-Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Ortiz, M., & Mamert, S. (27-28 de noviembre de 2010). *Huerto medicinal*. Recuperado el 14 de 04 de 2015, de cultivo y uso de plantas medicinales y aromáticas: <http://www.tierramor.org/PDF-Docs/ManualHuertoMed2010.pdf>

Ortiz, M., & Mamert, S. (27-28 de noviembre de 2010). *Huerto medicinal*. Recuperado el 14 de 04 de 2015, de cultivo y uso de plantas medicinales y aromáticas: <http://www.tierramor.org/PDF-Docs/ManualHuertoMed2010.pdf>

Páez, R. (2013). *Desarrollo de cultivos probióticos deshidratados por secado spray para aplicación de alimentos estudios microbiológicos y tecnológicos*.

Peralta, E., Villacres P, E., Mazón O, N., Rivera M, M., & Subía G, C. (Noviembre de 2008). Tecnología de elaboración de tisanas medicinales en base a los glomérulos de ataco. (M. N. Publicación , E. INIAP, & PRONALEG-GA, Edits.) *El ataco, sangorche o amaranto negro (Amaranthus hybridus L.) en Ecuador*(143), 11.

Pino, F. P. (2012). *Estudio del uso de aditivos en alimentos terminados encontrados en góndolas de supermercados en Ecuador y Argentina*. Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

- quiminet*. (28 de 11 de 2009). Obtenido de <http://www.quiminet.com/articulos/determinacion-de-cenizas-en-alimentos-41328.htm>
- Quiñones , M., M, M., & A, A. (2012). los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospilalaria*, 77.
- Ramírez, J. S. (2006). Liofilización de alimentos. *ReCiTeLA*.
- Redacción sociedad. (4 de Noviembre de 2010). El mote es una rica fuente de energía. *El Comercio*.
- Rodríguez, V. (2008). *Bases de la alimentación humana*. La Coruña-España: Netbiblo.
- Sachin, J., Chung, L. L., & Arun, M. (2010). *Drying of Foods, Vegetables and Fruits*. Copyright.
- Saldaña, R., & Torres, V. (2012). *Efecto analgésico de aceites esenciales de Hierba Luisa (Cymbopogon citratus), Ruda (Ruta graveolens), formulados como conos nasales*. Cuenca.
- Saldaña, R., & Torres, V. (2012). *Efecto analgésico de aceites esenciales de Hierba Luisa (Cymbopogon citratus), Ruda (Ruta graveolens), formulados como conos nasales*. Cuenca.
- Sanchez Camez, V. (11 de julio de 2012). *Scribd*. Recuperado el 23 de octubre de 2015, de Determinación experimental de la cinetica de secado y tiempo de secado: <http://es.scribd.com/doc/99846129/determinacion-experimental-de-la-cinetica-de-secado-y-tiempo-de-secado#scribd>
- Sancho, L. (2014). *About. com Cafe y té*. Recuperado el 02 de Junio de 2014, de About. com Cafe y té: <http://cafeyte.about.com/od/Tisanas-Y-T-E-De-Hierbas/a/Diferencias-Entre-Tisana-Infusi-On-Y-Decocci-On.htm>
- Sandoval, E. (2005). *Técnicas aplicadas al estudio de la anatomía vegetal*. Mexico D.F.: UNAM.

- Sanes, F. L. (2008). *Físico Química de Alimentos*. (U. N. Callao, Ed.) Callao.
- Sharapin, N. (2000). *Fundamentos de la Tecnología de Productos Fitoterapéuticos* (Primera edición ed.). (R. Pinzón S, Ed.) Santa fé , Bogotá, Colombia.
- Suárez, Q. R. (2009). *Estudio comparativo de la incidencia de la forma geométrica del alimento en la velocidad de secado aplicando al melón cantaloupe*. tesis pregrado, Escuela Superior Politécnica el Litoral, Ingeniería en Alimentos, Guayaquil.
- TLC, P. d. (Ed.). (2004). *Agroecuador.com*. Recuperado el 02 de junio de 2014, de <http://www.agroecuador.com/HTML/angendaInter/estplantasmedici/Estudio.pdf>
- Tonguino, B. M. (2011). *Determinación de las condiciones óptimas para la deshidratación de dos plantas aromáticas menta (Mentha Piperita L) y órgano (origanum Vulgare L)*. Tesis Pregrado, Universidad Técnica del Norte, Carrera de Ingeniería Agroindustrial, Ibarra.
- Tovilla Moralesa, A. S., & Sandoval Torres, S. (5-8 de Mayo de 2015). *ResearchGate*. Recuperado el 23 de octubre de 2015, de Transporte de masa y calor en agroalimentos deformables durante el secado por convección forzada: <http://www.researchgate.net/publication/276268380>
- Valls, V. (03 de 08 de 2015). El papel antioxidante de los alimentos de origen vegetal, vitaminas y polifenoles. *Nutrición*, 5.
- Vargas Corrales, V. (2012). *Elaboración de té aromático a base de plantas cedrón(aloysiacitrodora) y toronjil (mellisaofficinalis) procesado con stevia (steviarebaudiana bertonii) endulzante natural, utilizando el método dedeshidratación*. Pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de ingeniería Agroindustrial, Latacunga.
- Vega, A., Lara, E., & Lemus, R. (2006). Isotermas de adsorción de la harina de maíz (Zea mays L.). *Scielo*.

Vian, Á., & Oncon, J. (2013). *Elementos de Ingeniería Química*. Madrid: Aguilar.

Virtudes medicinales de las plantas. (s.f.). Recuperado el 28 de 08 de 2014, de <http://www.misioneros-monfortanos.org/pasajeabol15.htm>

Virtudes medicinales de las plantas. (s.f.). Recuperado el 28 de 08 de 2014, de <http://www.misioneros-monfortanos.org/pasajeabol15.htm>

GLOSARIO

- **Vegetativo.-** [órgano, organismo] Que solamente realiza las funciones fisiológicas estrictamente imprescindibles para continuar vivo.
- **Carotina.-** (Del lat. carota, zanahoria.) f. Quím. Pigmento amarillento de varias células vegetales cuyo color priva en las zanahorias y que, en el organismo, se puede transformar en vitamina A.
- **Sorgo.-** El sorgo (*Sorghum* spp.) es un género de gramíneas oriundas de las regiones tropicales y subtropicales de África oriental.
- **Yunta.-** Pareja de bueyes o mulas que, uncidos con el yugo, sirven en la labor del campo o para tirar de carros.
- **Ósmosis.-** Difusión que tiene lugar entre dos líquidos o gases capaces de mezclarse a través de un tabique o membrana semipermeable.
- **Pardeamiento.-** Reacción que da lugar a la coloración marrón o parda de la superficie de alimentos.
- **Psicrometría.-** Determinación del grado de humedad del aire mediante un psicrómetro.
- **Purga.-** Restos que se eliminan en determinadas operaciones industriales.
- **Higroscópico.-** es la capacidad de algunas sustancias de absorber humedad del medio circundante.

ANEXOS

7.1 ADEVAS

7.1.1 ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA

Tabla 61. Análisis de varianza del Índice de absorción de agua

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	1,181	17				
Trat.	0,294	5	0,059	0,797 ns	3,11	5,06
FA	0,042	1	0,042	0,568 ns	4,75	9,33
FB	0,062	2	0,031	0,419 ns	3,89	6,93
IAB	0,19	2	0,095		3,89	6,93
Error	0,887	12	0,074			

** : Alta significancia

* : Significancia

Ns: No significancia

7.1.2 ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA

Tabla 62. Análisis de la varianza para el índice de solubilidad en agua

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	16,919	17				
Trat.	1,68	5	0,336	0,265 ns	3,11	5,06
FA	0,653	1	0,653	0,514 ns	4,75	9,33
FB	0,731	2	0,366	0,288 ns	3,89	6,93
IAB	0,296	2	0,148		3,89	6,93
Error	15,239	12	1,27			

** : Alta significancia

* : Significancia

Ns: No significancia

7.1.3 PODER DE HINCHAMIENTO

Tabla 63. Análisis de varianza para el poder de hinchamiento

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	1,49	17				
Trat.	0,329	5	0,066	0,68 ns	3,11	5,06
FA	0,028	1	0,028	0,289 ns	4,75	9,33
FB	0,057	2	0,029	0,299 ns	3,89	6,93
IAB	0,244	2	0,122		3,89	6,93
Error	1,161	12	0,097			

** : Alta significancia

* : Significancia

Ns: No significancia