

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Obtención de la Harina de Papa como Sustituto Parcial en la
Elaboración de Pan Tipo Enrollado”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERAS EN ALIMENTOS

Presentada por:

Diana Zoraida Villavicencio Vásquez

Jéssica Stefania Zavala Villacís

GUAYAQUIL- ECUADOR

Año: 2014

A G R A D E C I M I E N T O

Agradezco a Dios, mis padres, mi hermana, mi esposo y a mi hijo, por ser quienes me brindan su apoyo incondicional en todo momento. A mis maestros por las enseñanzas del día a día, a mi directora de tesis MSc. Fabiola Cornejo por su ayuda y guía, a mis compañeros de clases quienes llegaron a ser grandes amigos y contribuyeron a un agradable ambiente de estudio.

Diana Zoraida Villavicencio Vásquez

A G R A D E C I M I E N T O

Cada paso hacia adelante en la dirección correcta, es el resultado no de una acción aislada sino del trabajo y la perseverancia, que siendo virtudes se nutren del apoyo de los seres queridos. Sin ese apoyo, aliento, o palmada en el hombro la vida sería el doble de difícil. Por eso, mis gracias y bendiciones a todos, quienes contribuyeron con la culminación de este trabajo.

Jéssica Stefania Zavala Villacís

DEDICATORIA

A Dios, quién me guio por el buen camino, dándome fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban.

A mis padres, por su apoyo, consejos, comprensión y ayudarme con los recursos necesarios para estudiar.

A mi hermana, por acompañarme hasta el día de hoy.

A mi esposo, por su comprensión y amor para poder realizarme.

A mi hijo, por ser mi motivación y felicidad.

Diana Zoraida Villavicencio Vásquez

DEDICATORIA

A mis padres, por ser siempre ejemplo, soporte y guía.

A mis profesores, en especial a la MSc. Fabiola Cornejo, por la pasión y entusiasmo que muestra por su trabajo.

A mis amigos, y a quienes me quieren bien, para que sepan que se los quiere bien.

Jéssica Stefania Zavala Villacís

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Dr. Kleber Barcia V., Ph. D.

DECANO DE LA FIMCP

PRESIDENTE

MSc. Fabiola Cornejo Z.

DIRECTOR DE TESIS

MSc. Haydeé Torres C.

VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Diana Villavicencio Vásquez

Jéssica Zavala Villacís

RESUMEN

El objetivo fue encontrar la sustitución adecuada de harina de trigo por harina de papa, para elaborar pan tipo enrollado el cual va a ser destinado a las panaderías artesanales; el costo de la harina de trigo es elevado y esto conlleva a buscar materias primas alternativas que permitan la sustitución parcial de la misma.

Para el estudio se utilizó la especie *Solanum tuberosum L.* variedad Superchola, perteneciente a la familia Solanáceas. El valor nutritivo de este tubérculo y la disponibilidad en el mercado fueron motivos para su elección.

Se procedió a la caracterización de la papa, para después mediante secado, obtener harina con su respectiva isoterma, velocidad y tiempo de secado. La harina de papa se mezcló con la harina de trigo en 3 proporciones diferentes, para determinar la formulación del pan y conseguir un producto final que sea aceptable al consumidor.

Mediante evaluación sensorial se identificó si hay aceptación del consumidor hacia el nuevo pan, las pruebas realizadas en el texturómetro junto con el volumen específico determinaron si existen diferencias significativas.

Los análisis de los resultados obtenidos indicaron que la mezcla 80% harina de trigo y 20% harina de papa, es aceptable para el consumo dentro de un periodo de tiempo de 24 horas, es una formulación que permitió trabajar la masa sin problemas y obtener un pan de consumo rápido.

Mediante este estudio, se espera contribuir al mercado de panificación artesanal, brindando otra alternativa de sustitución de la harina de trigo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. FUNDAMENTACION TEORICA.....	2
1.1 Generalidades de la papa.....	3
1.1.1 Variedades.....	3
1.1.2 Disponibilidad.....	4
1.1.3 Composición Química y Valor Nutricional.....	4
1.2 Aplicaciones del Almidón en la Industria Alimenticia.....	8
1.3 Importancia del Almidón en la Panificación.....	9
1.4 Desperdicios generados en la obtención del Almidón de Papa.....	10
1.5 Proceso de Secado.....	11
1.5.1 Velocidad de secado.....	12

1.5.2 Actividad de agua e isothermas.....	15
---	----

CAPÍTULO 2

2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA HARINA DE PAPA.....	17
2.1 Caracterización de la Materia Prima.....	17
2.2 Proceso de Experimentación.....	22
2.2.1 Proceso de elaboración de harina.....	22
2.2.2 Etapas de secado.....	26
2.2.2.1 Parámetros del proceso.....	26
2.2.2.2 Curvas de secado.....	27

CAPÍTULO 3

3. APLICACIÓN DE LAS HARINA EN PAN TIPO ENROLLADO.....	35
3.1 Formulación de Pan Tipo Enrollado.....	36
3.1.1 Pre-Mezcla 1.....	36
3.1.1 Pre-Mezcla 2.....	39
3.1.1 Pre-Mezcla 3.....	41
3.2 Descripción del Proceso de Producción.....	43
3.2.1 Materias Primas de Panificación.....	43
3.2.1 Proceso de Panificación.....	45
3.3 Diagrama del Proceso de la Elaboración del Pan Tipo Enrollado....	50

3.4 Evaluación Sensorial del Pan Tipo Enrollado.....	51
3.5 Caracterización del Pan Tipo Enrollado.....	52
3.5.1 Ancho y Alto.....	52
3.5.2 Textura.....	53
3.5.3 Volumen Especifico.....	55
CAPÍTULO 4	
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
APÉNDICES	
BIBLIOGRAFÍA	

ABREVIATURAS

°C	Grados centígrados
µm	Micrómetros
AOAC	Association of Official Analytical Chemist (Asociación de Químicos Analíticos Oficiales)
cm	Centímetros
cm ²	Centímetros cuadrados
g	Gramo
g s.s	Gramos sólidos secos
H	Humedad
h	Hora
Has	Hectáreas
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
Kg	Kilogramos
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
mg	Miligramos
min	Minuto
ml	Milímetro
s	Segundo
Tm	Toneladas métricas

SIMBOLOGÍA

W_s	Peso de sólidos secos
m	Masa inicial
% ss	Porcentaje de sólidos secos
X_t	Humedad en base seca
W	Peso de la muestra
W_s	Peso de sólidos secos
X	Humedad libre
X_t	Humedad en base seca
X^*	Humedad en equilibrio
R	Velocidad de secado
A	Área
ΔX	Diferencial de humedad libre media
Δt	Diferencial de intervalos de tiempo
a_w	Actividad de agua
pH	Potencial de Hidrógeno
°Brix	Grados Brix
\bar{D}_p	Diámetro promedio
$\bar{D}_{p\ sup}$	Diámetro superior
%	Porcentaje

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Curva típica de secado.....	12
Figura 2.1	Diagrama de proceso de la harina de papa.....	25
Figura 2.2	Isoterma de desorción de la papa.....	28
Figura 2.3	Humedad en base seca vs tiempo.....	30
Figura 2.4	Curva de secado.....	31
Figura 2.5	Isoterma de adsorción de harina de papa.....	32
Figura 3.1	Pan formulación 6.4.....	38
Figura 3.2	Pan formulación 7:3.....	40
Figura 3.3	Red de gluten.....	42
Figura 3.4	Proceso de elaboración de pan tipo enrollado.....	50
Figura 3.5	Dimensiones del pan enrollado.....	52
Figura 3.6	Corte de pan en texturómetro.....	53
Figura 3.7	Diagrama de cajas del valor específico de pan enrollado.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Composición nutricional de la papa.....	6
Tabla 2	Rendimiento de la materia prima.....	19
Tabla 3	Características químicas de la papa.....	21
Tabla 4	Características organolépticas de la papa.....	22
Tabla 5	Dimensiones de la muestra de secado.....	26
Tabla 6	Condiciones de operación durante el secado.....	27
Tabla 7	Datos para la curva de secado.....	29
Tabla 8	Análisis de granulometría.....	34
Tabla 9	Formulación pan tipo enrollado.....	36
Tabla 10	Formulación 6:4 para pan tipo enrollado.....	37
Tabla 11	Formulación 7:3 para pan tipo enrollado.....	39
Tabla 12	Formulación 8:2 para pan tipo enrollado.....	41
Tabla 13	Costo de los ingredientes de formulación.....	42
Tabla 14	Resumen de resultados obtenidos en el texturómetro.....	54

INTRODUCCION

El pan forma uno de los alimentos de mayor consumo debido a su valor nutritivo; tradicionalmente se ha utilizado harina de trigo para su elaboración, por lo que se propone usar otra harina que la sustituya parcialmente, sin que este cambio sea perceptible al paladar del consumidor.

La inestabilidad en el precio del pan, se debe a que la mayor parte del trigo es importado, por ello se busca que el sustituto sea un alimento que se coseche en el país, debido a esto se ha seleccionado a la papa, variedad Superchola.

Se obtiene harina de papa por medio de secado, de la cual se desarrollan 3 pre-mezclas para elaborar pan tipo enrollado. Mediante investigación teórica, observaciones durante el amasado, análisis sensorial, tamaño, volumen específico y de textura, se determinará la formulación adecuada.

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El pan forma parte del grupo de alimentos que han constituido la base de la alimentación, debido a sus características nutritivas y su moderado precio. Sin embargo, el problema que existe con su elaboración es la inestabilidad en el precio de la harina de trigo, ya que las molineras del país importan un 98,45% del trigo, según estudios del Ministerio de Industrias y Productividad (1).

Debido a la carencia de este cereal, se propone alternativas para la sustitución parcial de la misma por harina de papa, para elaborar pan artesanal que permita reducir su precio.

1.1. Generalidades de la Papa

Las papas nativas ecuatorianas presentan diversidad de formas, colores y tamaños. Existen papas de formas aplanadas, redondas, comprimidas, alargadas, con ojos profundos; de colores de piel amarilla, roja, rosada o morada, que en algunos casos se combinan en diseños vistosos y originales (2).

1.1.1. Variedades

La mayor diversidad genética de papa (*Solanum tuberosum L.*), se encuentra en las tierras altas de los Andes, constituye uno de los cinco elementos más importantes que contribuyen a la alimentación de la humanidad (2).

La gran mayoría de las papas nativas son cultivadas entre los 2700 a 3400 metros sobre el nivel del mar (zona interandina), sin embargo los mejores rendimientos se presentan en zonas ubicadas entre los 2900 y 3300 metros sobre el nivel del mar, donde las temperaturas fluctúan entre 9 y 11°C (3).

A esta altura la fuerte radiación solar y los suelos orgánicos andinos brindan a estas papas una naturalidad especial, las

cuales además son cultivadas generalmente sin el uso de fertilizantes químicos y casi sin aplicación de pesticidas (3). En Ecuador se encuentran más de 400 variedades (Ver Apéndice A).

1.1.2. Disponibilidad de Papa

Refiriéndonos a la papa como tubérculo fresco, su superficie sembrada y cosechada para la utilización interna es de 48.210 y 43.605 Has respectivamente; de donde se obtiene una producción de 339.038 Tm y su disponibilidad en el mercado es de 286.594 Tm (Ver Apéndice B). Estos valores nos indican que se puede dar un valor agregado a la papa como materia prima, para la elaboración de la harina y subproductos. Además cabe indicar que la especie *Solanum tuberosum L.*, variedad Superchola se encuentra disponible en la zona norte y centro de la región interandina, durante todo el año (4).

1.1.3. Composición química y valor nutricional

Composición Química

a) Componentes nutritivos

Dentro de los componentes nutritivos tenemos al almidón, el cual cumple un rol energético y comparado con otros alimentos como el plátano y la yuca, el aporte calórico es menor.

Los carbohidratos, se encuentran mayormente en forma de almidón y un pequeño porcentaje como azúcares. El contenido de proteína de la papa es superior a la mayoría de los cereales, tubérculos y raíces, porque tiene un alto contenido de lisina. La papa tiene un contenido muy bajo de grasas, esto representa una ventaja para quienes tienen restricciones calóricas. A este tubérculo no se lo considera como fuente de vitaminas, debido a que se encuentran principalmente entre la piel y la cáscara, las cuales se pierden en el pelado o la cocción. En cuanto al contenido de minerales, sobresalen el potasio y fósforo (8).

En la Tabla 1. Se muestran los principales componente de la papa.

TABLA 1**COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA PAPA**

Nutriente	Contenido g/100g
Humedad	80
Materia seca	20
Hidratos de carbono	14,7
Ceniza	1
Proteína	2
Fibra	2,2
Lípidos	0,1 mg/100g
Sodio	0,8
Potasio	430
Hierro	4
Calcio	7
Magnesio	19,9
Fósforo	50
Vitamina C	18

Fuente: Escobar 1997; Verdú 2005; Willis 1998.

b) Componentes no nutritivos

En lo que se refiere a los componentes no nutritivos, resaltan la fibra, enzimas, ácidos orgánicos, flavonoides y antocianinas. La papa contiene además una proteína antioxidante llamada patatina, la cual combate los radicales libres. Los ácidos orgánicos tales como cítrico, oxálico, fumárico y málico que, además de regular la acidez de la savia de la papa, contribuyen al aroma y sabor (9).

Valor nutricional

Se considera a la papa un alimento muy nutritivo, debido a que desempeña funciones energéticas por su alto contenido en almidón, así también regula el organismo por su elevado contenido en vitaminas hidrosolubles, minerales y fibra (9).

El valor nutricional de la papa va a depender de la forma de su consumo. Se debe tener en cuenta la pérdida de vitaminas que tiene el tubérculo cuando se realiza el proceso de pelado, por ello se recomienda cocinar las papas con cascara.

La papa ocupa una posición intermedia, al comparar el valor nutricional con otros alimentos de origen vegetal, como se observa en el Apéndice C.

1.2. Aplicaciones del Almidón en la Industria Alimenticia

Los almidones son los polisacáridos más abundantes e importantes desde el punto de vista comercial, están formados por monómeros de glucosa, formando estructuras largas conocidas como amilosa y amilopectina. El contenido de amilosa y amilopectina influye en forma definitiva en las propiedades sensoriales y funcionales de cada almidón (10).

El almidón de papa presenta diversidades de usos, los principales según la industria alimentaria son:

- Aumentar la estabilidad e incrementar la viscosidad de la mezcla o del producto, por eso es usado para la elaboración de helados, gelatinas, sopas y salsas.
- Reducir costos al sustituir la harina de trigo en la repostería y pastelería, y además porque reducen el encogimiento durante la cocción. El almidón es muy importante en los productos horneados, empresas que fabrican galletas y bizcochos lo utilizan,

ya que el almidón aumenta la esponjosidad y quebrabilidad por lo que mejora las características del rebanado, ablanda la textura y además imparte el color dorado a la corteza.

- Aplicación en productos que no requieren procesos de cocimiento, como en los embutidos.
- Dar estabilidad a altas temperaturas.
- Preparación de edulcorantes: glucosa, fructuosa.
- Fuente de alcohol para licores.

El almidón obtenido en la industrialización de la papa es un polvo fino y sin sabor, de excelente textura, da mayor viscosidad que los almidones de trigo o de maíz, y permite elaborar productos más gustosos (10).

1.3. Importancia del almidón en la panificación

El efecto del almidón en la panificación es importante debido a su capacidad de absorción, su viscosidad y tamaño de los gránulos. Se puede decir que hay una relación entre el tamaño de los gránulos de almidón y la fuerza de las harinas. Las harinas flojas suelen tener los gránulos más grandes y las harinas fuertes tienen gránulos más pequeños. El almidón, presente en las harinas, junto a las proteínas

compite en la masa por absorber el agua añadida (11). Para obtener una harina de buena calidad panadera, debe pasar el 95% por un tamiz #70, según lo indica la norma INEN 154. Las propiedades del almidón se citan a continuación:

- Aumentan la posibilidad de absorción de agua.
- Facilitan la acción de las amilasas.
- Aumentan el poder de producción de gas.
- Mejoran a menudo el valor panadero de los trigos de fuerza.
- Contribuyen a la conservación del pan.

1.4. Desperdicios generados en la obtención del Almidón de Papa

En el procesamiento de la papa para la obtención del almidón o harina de papa se genera un desperdicio, la cáscara. Es posible aplicar un proyecto de utilidades y beneficios de la cáscara de papa, con el objetivo de generar fuentes de trabajo, aumentar la sostenibilidad ambiental y ayudar a garantizar la seguridad alimentaria en las zonas más pobres, utilizando este recurso que para muchos es considerado como desperdicio.

Como se mencionó anteriormente, la fibra alimentaria representa el 2% del total de la papa y se encuentra mayormente distribuido en la

piel. Además, durante el proceso de pelado ya sea manual o mecánico, quedan restos de papa en la cáscara, por lo que también podría ser aprovechado para obtener harina de la cascara (12).

Tanto papa y cáscara, hay que darles importancia y buen uso para transformarlo en distintas variedades como: harina, almidón, postres, tortillas, panes, bebidas, y extractos por su alto valor en vitamina C. Además, se puede extraer antioxidantes naturales que están presentes en la piel de la papa (13)

1.5. Proceso de Secado

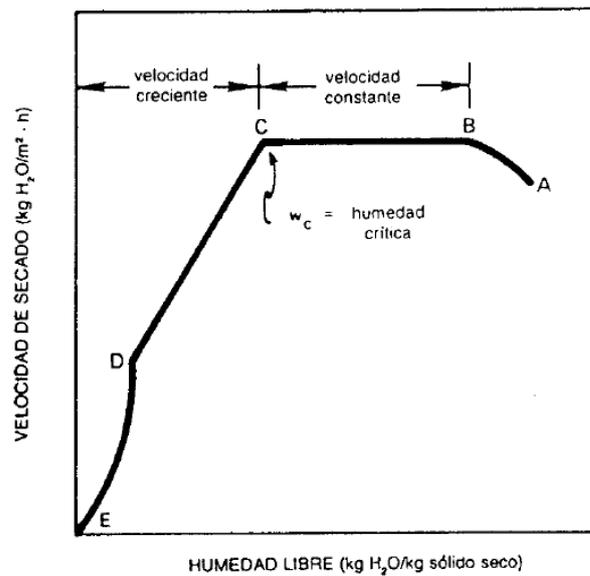
El secado se describe como un proceso de disminución de la humedad, de un sólido húmedo para producir un producto sólido y seco. A veces el concepto de secado se extiende a la eliminación de agua mediante procedimientos mecánicos como prensado, filtrado, centrifugado, etc., sin embargo en este caso es preferible denominar al proceso como deshidratación de alimentos (15).

La papa se deshidrató mediante un secado convectivo, que consiste en una corriente de aire caliente, impulsado a través del secador por medio de un ventilador (16).

1.5.1. Velocidad de secado

La velocidad de secado se define como la velocidad con la que disminuye la humedad del producto por unidad de tiempo en un área definida. La velocidad de secado no es la misma durante todo el proceso, es decir, que la eliminación de agua se realiza en una serie de etapas en las que la velocidad de secado es diferente. La representación gráfica de la velocidad de secado frente a la humedad del producto o frente al tiempo se denomina “Curvas de Secado”, y serán diferentes de acuerdo al tipo de alimento a secar. En la figura 1.1 se muestra una posible curva de secado (16).

FIGURA 1.1. CURVA TÍPICA DE SECADO



Fuente: Earle, 1988

En el punto A; el sólido con humedad libre tiene una temperatura menor a la del proceso. En la etapa inicial de AB, el agua se va calentando lentamente y alcanza el valor de equilibrio al llegar al punto B.

Posteriormente, se produce una gran disminución del contenido de agua manteniéndose la velocidad constante BC. Aquí la superficie del sólido está húmeda, por lo tanto representa la remoción del agua libre. La temperatura es igual a la temperatura del bulbo húmedo. Esta etapa finaliza cuando se alcanza la llamada humedad crítica W_c , por el cambio brusco de la misma.

Finalmente, la velocidad empieza a decrecer (CD) hasta llegar a la humedad en equilibrio (E).

Para el cálculo de la velocidad de secado, primero se determina el peso de sólidos secos por medio de la siguiente ecuación:

Ecuación 1.1

$$W_s = m (\% ss)$$

W_s : Peso de sólidos secos

m : Masa inicial de la muestra

% ss : Porcentaje de sólidos secos en la muestra

Luego, es necesario obtener la humedad en base seca, mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 1.2

$$X_t = \frac{W - W_s}{W_s}$$

X_t : Humedad en base seca de la muestra

W : Peso de la muestra

W_s : Peso de sólidos secos

Para aplicar la ecuación 1.2 hay que tener en cuenta que W_s es constante.

Para determinar la velocidad de secado, falta calcular el parámetro de humedad libre, el cual se obtiene de acuerdo a la siguiente fórmula:

Ecuación 1.3

$$X = X_t - X^*$$

X : Humedad libre

X_t : Humedad en base seca de la muestra

X^* : Humedad de equilibrio de la muestra

La humedad de equilibrio (X^*) que alcanzará el producto, está en función de la humedad relativa del ambiente y se obtiene de la isoterma del producto. Finalmente, se calcula la velocidad de secado mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 1.4

$$R = \frac{W_s}{A} \cdot \frac{\Delta X}{\Delta t}$$

W_s : Peso de sólidos secos

A : Área superficial de la muestra

ΔX : Diferencial de humedad libre media

Δt : Diferencial de intervalos de tiempo

1.5.2. Actividad de Agua e Isotermas

La actividad del agua (a_w) se define como la cantidad de agua libre en el alimento. Es decir, el agua disponible para el crecimiento de microorganismos y para que se puedan llevar a cabo diferentes reacciones químicas. De forma general, se puede afirmar que un alimento cuanto mayor porcentaje de agua tenga en su composición más susceptible es a alterarse.

La disminución del contenido de agua en los alimentos aumenta su vida útil por lo que se podrán conservar en perfectas condiciones durante un mayor periodo de tiempo (15)

Se construyen isotermas para conocer la actividad de agua de cada alimento a una determinada temperatura según su contenido en humedad. En dichas isotermas se representa la actividad de agua de un alimento frente a su contenido acuoso. Para ello, se va deshidratando un alimento y se va midiendo su actividad de agua (serían isotermas de desorción), o bien se va rehidratando y se mide su actividad de agua en los diferentes contenidos de humedad (sería la isoterma de resorción o adsorción). Todo ello a la misma temperatura.

La obtención de la isoterma de la harina de papa permite determinar las condiciones óptimas de secado.

CAPÍTULO 2

2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA HARINA DE PAPA

En este capítulo, se describe el proceso que se llevará a cabo para obtener la harina, que luego será utilizada en distintos porcentajes de mezcla para preparar el pan tipo enrollado.

2.1. Caracterización de la Materia Prima

La papa utilizada para la industrialización es aquella que se encuentra en su etapa de madurez, y que contiene una alta gravedad específica y alto contenido de sólidos, siendo estos los componentes más significativos para la industria en el procesamiento de productos deshidratados.

No se requiere que la papa sea de primera clase en cuanto a tamaño ni peso, debido a que el objetivo de esta tesis es la utilización de la papa de tercera, merma o llamada también descarte, que en el mercado ya no se cotiza bien.

a. Características Físicas

Peso y Dimensiones

En cuanto a estas características físicas, las papas de tercera pueden ser aceptadas con variabilidad de tamaño y forma, profundidad de ojos y ligero daño mecánico durante la cosecha.

Dado al amplio rango de aceptación de la papa, no se tomaron medidas ni pesos de las muestras ya que habría mucha variación. Las únicas papas descarte que no entran al proceso son los tubérculos podridos, dañados por insectos, verdeados y los que presentan rajaduras por sequías.

Rendimiento

Según la metodología empleada de acuerdo al equipo disponible, de las 5 papas se obtienen los valores que se muestra en la Tabla 2.

TABLA 2

RENDIMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

	RENDIMIENTO
Papas enteras	100,00 ± 0,00%
Cáscara	14,92 ± 0,37%
papa pelada	85,08 ± 0,37%
(Celulosa)	16,93 ± 0,27%
Jugo de papa	68,15 ± 0,64%
Agua de papa	33,70 ± 1,10%
Almidón	34,44 ± 0,46%
Almidón + Celulosa	51,38± 0,73%

Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

Se llama almidón al residuo lechoso que resulta de la sedimentación, y es aquel con el cual se va a trabajar para obtener la harina.

b. Características Químicas

Medición del pH

Se midió el pH con un ph metro de bolsillo, según el método de la AOAC 981.12/90.

Sólidos Solubles

El contenido de sólidos solubles es un buen estimador del contenido azúcares. Los sólidos solubles del almidón se midieron con un refractómetro de escala 0 a 30 °Brix, esta técnica se basó en el método AOAC 932.12/90 y el resultado se expresó en % de sólidos solubles.

Determinación de Humedad y Aw

La humedad inicial de la papa, se determinó mediante el método de la lámpara infrarroja de acuerdo al método AOAC 967.19, para ello se utilizó el equipo Termobalanza modelo Kern MLB 50-3. La actividad de agua de la papa, se midió

mediante el método AOAC 978.18, se utilizó equipo AquaLab Water Activity.

Los resultados obtenidos en la caracterización de la papa se presentan en la Tabla 3.

TABLA 3
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA PAPA

PARÁMETROS	PAPA
pH	6,07 ± 0,12
Sólidos Solubles (°Brix)	7,20 ± 0,25
Humedad (%)	72,78 ± 1,07
Aw	0,97 ± 0,01

Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

c. Características Organolépticas

Como se mencionó anteriormente, no es estrictamente trabajar con una papa de primera calidad. Las condiciones aceptables se presentan en la Tabla 4.

TABLA 4

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LA PAPA

No. de Muestra	Consistencia	Color	Olor
1	Dura	Café	Normal
2	Semidura	Café	Normal
3	Blanda	Café	Normal

Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

2.2. Proceso de Experimentación

2.2.1. Proceso de elaboración de harina

A continuación se describe cada etapa del proceso empleado para obtener la harina de papa, realizado a nivel de laboratorio.

Recepción: Se llevó a cabo una inspección visual de la materia prima, retirando las papas no aptas para el procesamiento de acuerdo a las especificaciones antes mencionadas. Se pesaron las muestras seleccionadas para luego establecer los desperdicios y rendimientos.

Lavado: Se lavó las papas con agua; esta operación es importante para retirar la tierra que contienen, porque de no ser bien limpiadas pueden elevar el contenido de cenizas del producto final.

Pelado: Se realizó un pelado manualmente.

Triturado: Se utilizó un equipo triturador que extrae el jugo de papa y el afrecho o fibra (celulosa). Esta operación es la más importante dentro de procesamiento para obtener la harina. Al realizar esta operación se reduce el tiempo de secado, por consiguiente el costo de operación que conllevaría secar la papa entera que tiene un alto contenido de agua, 72,78%.

Sedimentación: El jugo de papa que se extrae del proceso anterior contiene proteína, materia grasa y sustancias insolubles, la cual se tamizó mediante un liencillo que hace la función de una centrífuga separando el agua contenida en la parte sólida. De esta operación se obtiene finalmente una pasta fina cremosa.

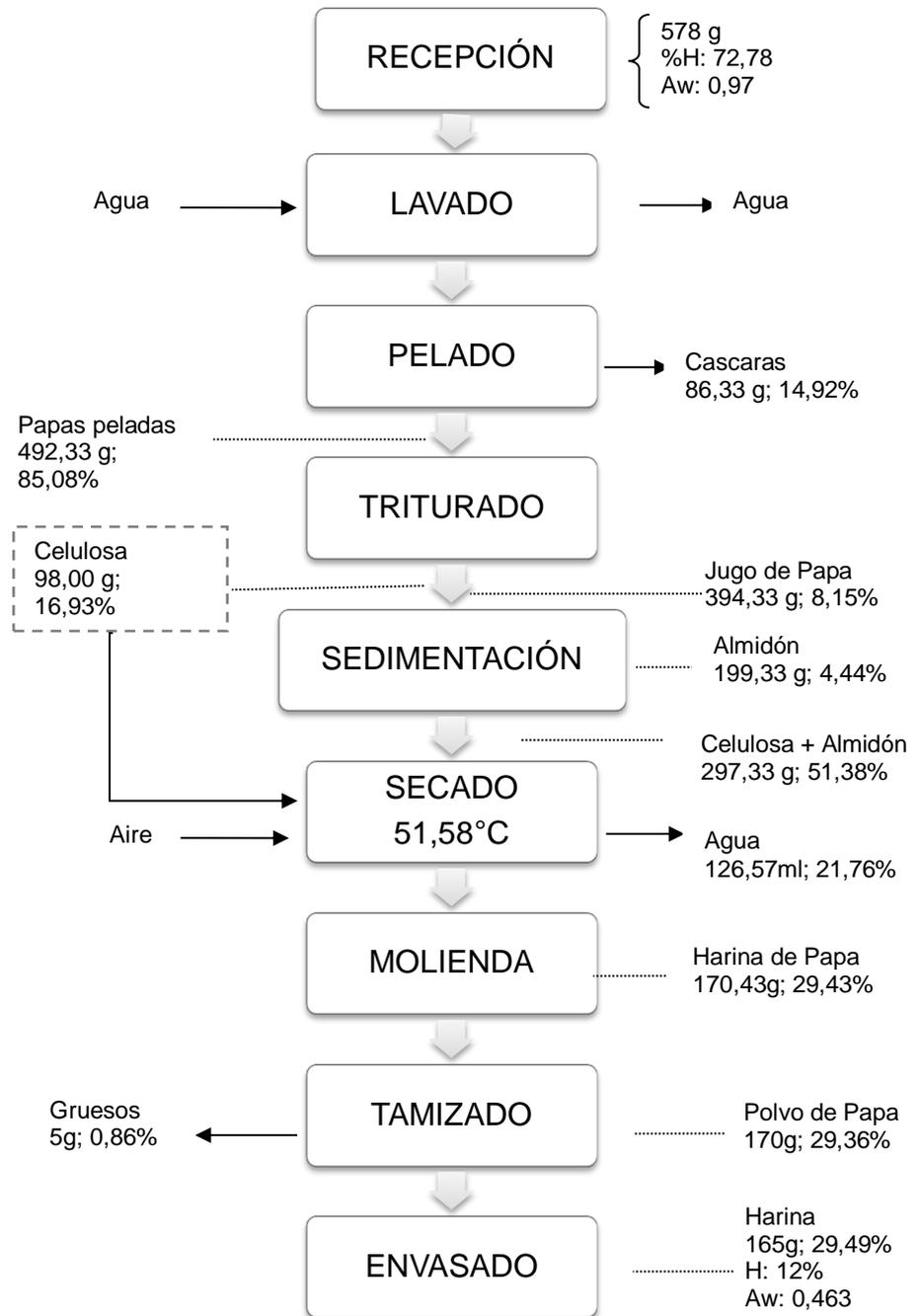
Secado: La masa de papa húmeda junto con el afrecho que se obtiene en el triturado, son llevados a un secado de bandejas experimental.

Molienda: La molienda del producto seco se realizó en un micropulverizador-tamiz.

Tamizado: Se pasó el polvo fino por una serie de mallas para determinar su granulometría.

Envasado: La harina de papa obtenida se envasó en fundas de polietileno.

FIG 2.1 DIAGRAMA DE PROCESO DE LA HARINA DE PAPA



Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

2.2.2. Etapas de secado

2.2.2.1. Parámetros del proceso

El proceso de secado se llevó a cabo en un secador de bandejas experimental. Las dimensiones de la muestra y de la bandeja de aluminio se muestran en la Tabla 5.

TABLA 5

DIMENSIONES DE LA MUESTRA DE SECADO

Largo	31cm
Ancho	25cm
Espesor de la muestra	0,5cm
Área de la muestra	387,5 cm ²

Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

La temperatura del proceso, la humedad relativa del secado, y la velocidad del aire fueron tomadas del panel del equipo de secado, mientras que la °T de entrada del aire y la humedad relativa del aire de salida fueron medidas con un termohigrómetro. Los valores se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 6

**CONDICIONES DE OPERACIÓN DURANTE EL
SECADO**

°T del secador	51,58 ± 1,46°C
HR de secado	24,01% ± 1,50
Velocidad del aire	0,71 ± 0,02 m/s
°T de entrada del aire	44,02 ± 0,12°C
HR del aire de salida	35% ± 1,02

Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

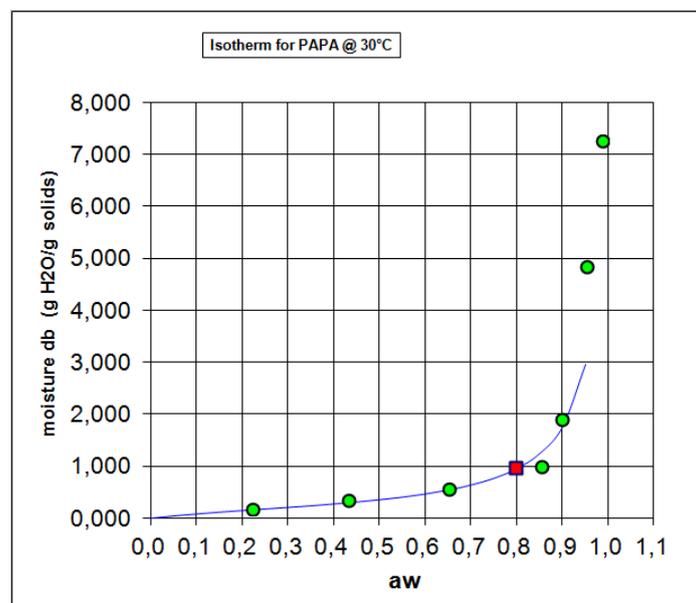
2.2.2.2. Curvas de secado

Para obtener las curvas de secado, se pesó constantemente la muestra en intervalos de 5 minutos durante las 4 primeras horas de secado, y luego cada 10 y 15 minutos hasta peso constante. Los datos del proceso que se obtiene, son el resultado de la pérdida de peso por humedad de la muestra vs el tiempo de secado.

Para establecer las curvas de secado es necesario determinar la humedad de equilibrio (X^*). Dicha humedad se la calculó mediante la isoterma de desorción, utilizando el programa Water Analyzer, el cual nos dio el valor de la monocapa utilizando el modelo de GAB (Guggenheim-Anderson-deBoer).

La isoterma de desorción de la papa se muestra en la Figura 2.2

FIG 2.2. ISOTERMA DE DESORCIÓN DE LA PAPA



Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

El valor de monocapa de BET (Brunauer-Emmet-Teller) obtenido por el modelo de GAB fue de 0.2229 g de agua/g s.s. con un R^2 de 0.9040047.

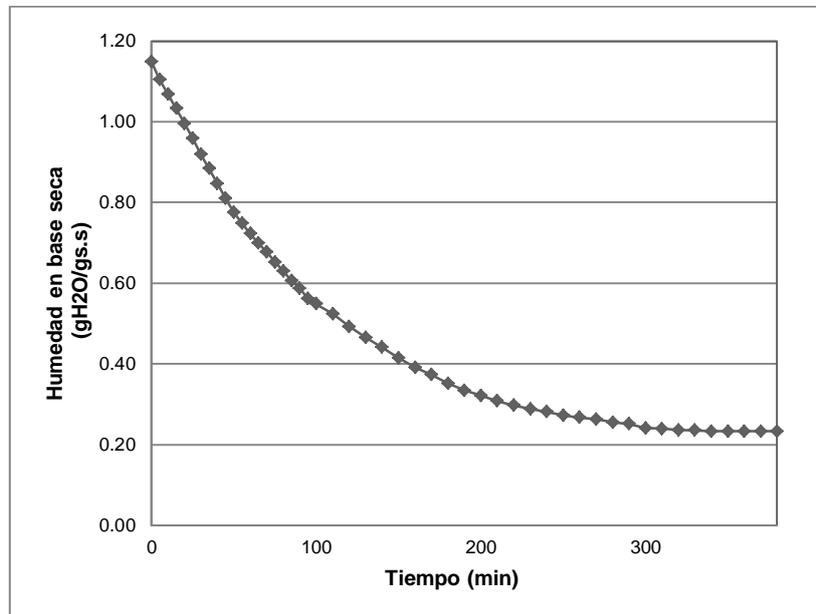
La tabla 7 a continuación, indica los datos necesarios para hallar la curva de secado.

TABLA 7
DATOS PARA LA CURVA DE SECADO

Peso inicial de la muestra (W)	297 g
Humedad inicial	53,45 %
Sólidos iniciales en la muestra	46,55 %
Peso de sólidos secos (Ws)	138,25 g
Ws	0,14 Kg
Área de secado	0.03 m ²

Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

La curva experimental de humedad vs. tiempo obtenida se presenta en la Figura 2.3.

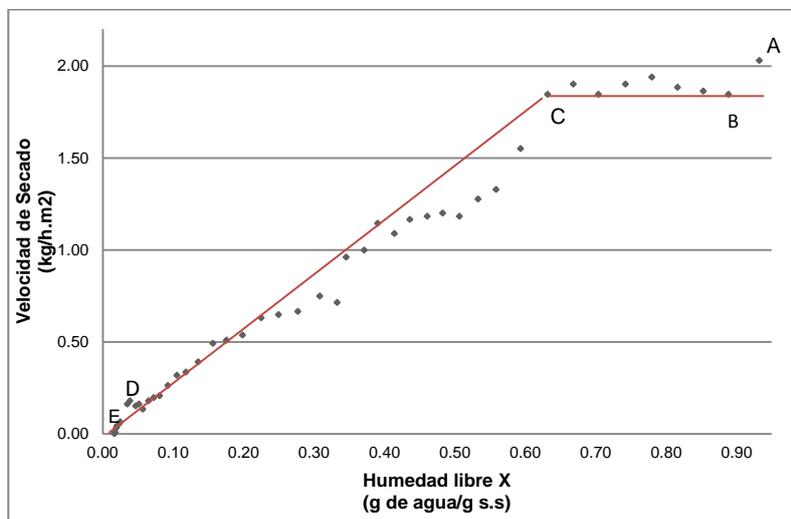
FIG. 2.3 HUMEDAD EN BASE SECA VS TIEMPO

Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

Con estos valores se determinó la velocidad de secado utilizando las ecuaciones 1.1 y 1.2.

En la Figura 2.4, se observa el comportamiento de la velocidad de secado vs la humedad libre de la harina papa.

FIG 2.4. CURVA DE SECADO

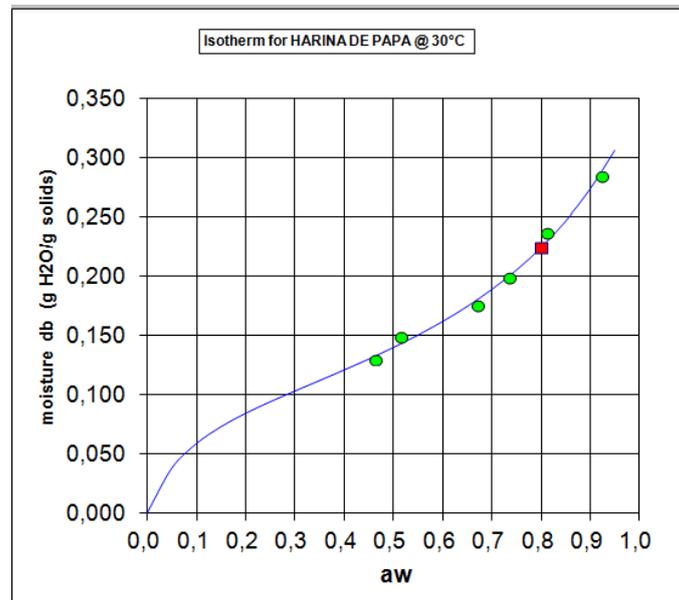


Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

La humedad crítica obtenida en la curva de secado fue de 0,6323 g de agua/g s.s.

Una vez obtenida la harina de papa se realizó la isoterma de adsorción, por el método isopiéstico, utilizando el programa Water Analyzer se obtuvo una isoterma sigmoidea o "S" de tipo II que se muestra en la Figura 2.5. El valor de la monocapa de BET fue de 0.0849 g de agua/g s.s. con un R^2 de 0,9922346.

FIG. 2.5 ISOTERMA DE ADSORCIÓN DE HARINA DE PAPA



Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala,
2013

Según la isoterma de adsorción de la harina de papa, el valor de humedad de equilibrio es de 0,235 g de agua/ g s.s.

Granulometría

Se analizó la granulometría de la harina obtenida con el fin de conocer si ésta cumple con las especificaciones.

El tamaño de partículas debe ser, tal que el 95% de la harina pase a través de un tamiz de 212 μm (0.212mm), es decir la malla No. 70, según lo indica la norma INEN 0616:06, 517 y 514.

Para esta etapa se necesitó de un sistema de tamices marca Tyler el cual se somete a vibración por 15 minutos para que los finos pasen a través de las mallas y los gruesos se queden en ellas.

Los números de malla que se utilizaron fueron seis (50, 70, 100, 140, 200 y 325); y con ayuda de la Tabla que se muestra en el Apéndice D, se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 8.

TABLA 8
ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA

MALLAS	MASA RETENIDA (g)	% DE RETENIDOS (ΔX_i)	X_i	Dp_{sup}	Dp (mm)
50	3,23	1,90	100	0,297	0,254
70	44,32	26,07	98,10	0,210	0,180
100	90,08	52,99	73,93	0,149	0,127
140	31,73	18,66	47,01	0,105	0,090
200	0,64	0,38	81,34	0,074	0,059
325	0	0,00	99,62	0,044	0,022
	170	100	100		

Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

El porcentaje de finos que paso por la malla #70 fue de 98,1% por lo tanto el tamaño de la partícula es de 0,21mm.

CAPITULO 3

3. APLICACIÓN DE LAS HARINAS EN PAN TIPO ENROLLADO

3.1. Formulación de Pan Tipo Enrollado

Las formulaciones se expresaron en el lenguaje panadero. De tal forma que, contrariamente a la idea de expresar los porcentajes en función del volumen o del peso total, se hace en función del peso de harina empleado, que se toma como 100%.

La formulación propuesta es para obtener 31 panes de 60 g cada uno. En la tabla 9 se indican los ingredientes de la formulación de un pan enrollado tradicional, es decir, elaborado con 100% de harina de trigo.

TABLA 9
FORMULACIÓN PAN TIPO ENROLLADO

INGREDIENTES	PORCENTAJE PANADERO
Harina de trigo	100%
Azúcar	3%
Sal	2%
Manteca	20%
Levadura seca	0,3%
Agua	62%

Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

3.1.1. Pre-Mezcla 1

La primera formulación se la realiza con la sustitución del 40% de harina de papa. Como se indica en la tabla 10.

TABLA 10**FORMULACIÓN 6:4 PARA PAN TIPO ENROLLADO**

INGREDIENTES	PORCENTAJE PANADERO
Harina de trigo	60%
Harina de papa	40%
Azúcar	3%
Sal	2%
Manteca	20%
Levadura seca	0,3%
Agua	62%

Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

En el proceso de amasado, se observa la expansibilidad y capacidad de longitud de estirado de la red de gluten, sin que esta llegue a romperse.

Con la prueba 6:4, se observó que los 10 minutos de amasado establecidos para el desarrollo de la masa, no fueron suficientes; la red de gluten demoró en formarse, y una vez formada se

produjo una ligera ruptura. Otra característica observada fue el color de la masa después del boleado comenzó a oxidarse, dando una coloración algo amarillenta, siendo esto un factor no deseable.

En el pan luego de hornear, se observa que la miga del producto final estaba muy abierta. El sabor resultó ser más dulce.

FIG.3.1 PAN FORMULACIÓN 6:4



Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

3.1.2. Pre-Mezcla 2

TABLA 11
FORMULACIÓN 7:3 PARA PAN TIPO ENROLLADO

INGREDIENTES	PORCENTAJE PANADERO
Harina de trigo	70%
Harina de papa	30%
Azúcar	3%
Sal	2%
Manteca	20%
Levadura seca	0,3%
Agua	62%

Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

Como en la prueba anterior, se observó el comportamiento de la masa. En esta proporción, el tiempo de amasado estuvo dentro del parámetro, y la red de gluten no se rompió.

Durante el proceso de boleado hubo un ligero cambio de color, pero no significativo, debido a que el porcentaje de harina de papa presente en la masa fue menor. Las otras características como color, olor y sabor estuvieron aceptables, al igual que el poro de la miga, como se observa en la Figura 3.2.

FIG. 3.2 PAN FORMULACIÓN 7:3



Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

3.1.3. Pre-Mezcla 3

TABLA 12
FORMULACIÓN 8:2 PARA PAN TIPO ENROLLADO

INGREDIENTES	PORCENTAJE PANADERO
Harina de trigo	80%
Harina de papa	20%
Azúcar	3%
Sal	2%
Manteca	20%
Levadura seca	0,3%
Agua	62%

Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

Pese a que en la anterior prueba se obtuvieron buenos resultados, se decidió realizar una tercera prueba, la cual corresponde a 8:2. La masa facilitó el trabajo y era muy elástica, como se observa en la Figura 3.3.

FIG. 3.3 RED DE GLUTEN

Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

Costos de Formulación

El análisis de costos demuestra que mientras mayor sea la sustitución de harina de papa, se reduce el costo de elaboración del pan, como se resume en la tabla a continuación.

TABLA 13

COSTO DE LOS INGREDIENTES DE FORMULACIÓN

	Total costo de ingredientes
Pan 100% trigo	1,29
Pan 60:40	1,26
Pan 70:30	1,27
Pan 80:20	1,28

Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013.

Mientras mayor sea la sustitución de harina de trigo, el costo de elaboración del pan disminuye. En Ecuador no existe la comercialización de harina de papa, por lo que se tomaron datos de estudios realizados en el Perú (17). Ver Apéndice E.

3.2. Descripción del Proceso de Producción

Para la elaboración del pan enrollado, los ingredientes son harina, agua, manteca, levadura, azúcar y sal; su textura va a depender mucho de la fórmula y la cantidad de ingredientes usados para su preparación.

3.2.1. Materias Primas de Panificación

Harina: Una de las principales propiedades que debe cumplir la harina, es la absorción, este factor permite obtener una buena hidratación de las masas, sin alterar la formulación. La granulometría de las harinas también es importante, porque cuanto más fina, más absorción de agua (18).

La harina de papa no contiene gluten, pero si abundante almidón. Es necesario mezclar con otra harina, como la harina

de trigo que es rica en gluten, y que por sus características, forman una malla o red capaz de retener el anhídrido carbónico liberado durante la fermentación (19).

Azúcar: El azúcar tiene efecto en la textura, apariencia, sabor y vida útil del producto final; da lugar a la reacción de Maillard gracias al efecto del calor cuando se mezcla con las proteínas o aminoácidos de las harinas, lo cual produce colores más oscuros y sabores más pronunciados. Trabaja junto con la levadura, dando como resultado una fermentación más uniforme (11) (18).

Sal: Sus principales funciones es saborizar la masa de pan y controlar la fermentación. Si se eleva la dosis de sal se inhibe el trabajo de la levadura; por el contrario, si la dosis de sal es baja, se producirán fermentaciones muy rápidas, esto provocaría que los panes tengan excesivo volumen y corteza muy fina (18).

La dosis que debe usarse de acuerdo a lo establecido, es como máximo un 2% sobre materia seca o 18gr/120g por cada kilo de harina (11)(19).

Manteca: Las grasas de origen animal como la manteca, tienen la propiedad de dar más volumen y mayor extensibilidad a la masa. En un poco porcentaje ayuda a mejorar la calidad final del pan (11).

Levadura: Las levaduras en panificación tienen tres efectos, transforma la masa, desarrolla parte del aroma y la más importante es la subida de la masa. Dichos efectos están ligados a la hidratación del almidón (19).

Agua: El agua tiene una función nutritiva para la levadura, se suele decir que la cantidad de agua a agregar a la masa es una tercera parte de la cantidad de harina que se vaya a emplear. Es mejor apreciar la textura de la masa con el tacto, porque se puede corregir la consistencia durante el amasado añadiendo agua o harina, según sea el caso (11).

3.2.2. Proceso de Panificación

Pesar

Esta etapa consiste en dosificar con exactitud la cantidad de los insumos que intervienen en la fórmula, así el rendimiento de la

elaboración del pan será constante, la calidad estable y se podrá establecer un control de costos.

Amasar

Durante el transcurso de 10 minutos que dura el amasado, ocurre un cambio de las materias primas, se logra una distribución uniforme de todos los ingredientes, además de formar y desarrollar adecuadamente el gluten.

Durante este proceso se debe lograr un alto grado de extensibilidad, la masa debe ser suave, seca, brillante, muy manejable y desprenderse limpiamente del área de amasado.

La temperatura del ambiente al igual que la de los ingredientes es importante durante el tiempo de amasado. En general, la temperatura óptima de trabajo es de 25°C, para que haya una correcta fermentación.

El tiempo de amasado debe ser controlado, porque si se excede de lo necesario se produce la ruptura de la red de

gluten y por consiguiente afectará la fermentación y el crecimiento de la masa (11).

Moldear

El propósito del moldeo, llamado también boleado, es producir piezas de masa con un cierre en la parte de su base, lo suficientemente hermético por el que no encontraremos pérdidas de gas a la hora de fermentar. Se lo realiza de una manera suave, en la cual no existan desgarres en la masa por apretar mucho (11).

Durante el boleado es importante controlar el espolvoreo, ya que si existe mucha harina a la hora de realizarlo, la pieza de pan tiende a abrirse y formar grietas o malas formaciones (11).

Fermentar

En el proceso fermentativo, es muy importante controlar la temperatura y la humedad para el desarrollo de *Saccharomyces cerevisiae*. Dicho proceso comienza desde el momento de la incorporación de la levadura en la masa; lo que produce una

gasificación prematura. Por lo tanto, la masa se irá dotando de mayor fuerza y tenacidad (11).

La levadura degrada el azúcar a ácido pirúvico, y este se convierte luego en CO₂ y etanol. El CO₂ forman las burbujas, que luego serán atrapadas por el gluten de la harina que causa que el pan se levante (19).

Es preciso que la temperatura no varíe mucho, ni por encima ni por debajo de la temperatura óptima de la masa que se sitúa entre los 24 y 29°C. Cuando la temperatura de fermentación supera los 30°C, se produce una desproporción en la masa, fermentando más en la parte externa que en la interna, lo que provocará que la corteza se cuartee y se desprenda gas (19).

El aroma y sabor también se verán afectados por una temperatura superior a los 30°C, porque se desarrollan progresivamente las fermentaciones secundarias (ácida, láctica y butírica) que, si bien son positivas, cuando se producen en exceso provocan un sabor negativo (11).

La humedad relativa de la cámara o del lugar donde se desarrolle la fermentación debe de estar bien regulada, ya que, si el ambiente es muy seco, la masa se acortezca y si es muy húmedo la masa se volverá pegajosa. La temperatura ideal es de 26 a 27°C (11).

La humedad ideal, es la resultante de la suma de la hidratación de la masa más la humedad de la harina, por ejemplo: si a una masa se le ha añadido el 60% de agua y la harina contiene un 15% de agua, la humedad ideal será del 75%. La fermentación finaliza cuando la masa, dentro del horno, alcanza los 55° C (19).

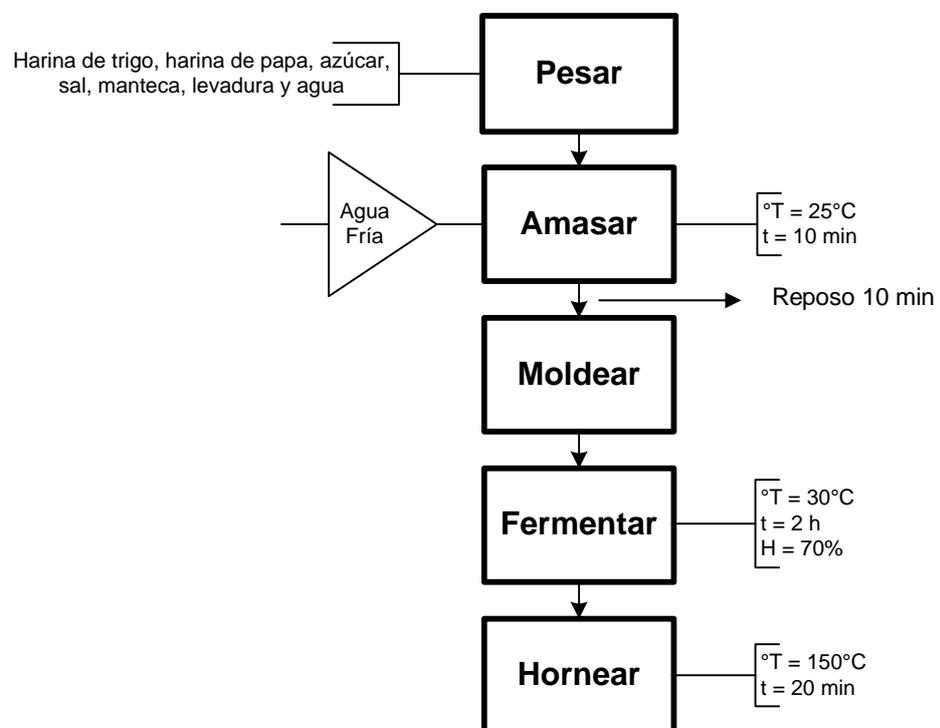
Hornear

Durante el horneado se produce la muerte de las levaduras cuando la temperatura del horno alcanza los 55°C, también ocurre la caramelización de los azúcares y coloración de la corteza y por último la gelificación del almidón, lo que proporciona la estructura final del pan, porque el almidón se cristaliza.

3.3. Diagrama del Proceso de la Elaboración del Pan Tipo Enrollado

En la siguiente figura se muestra el proceso de elaboración del pan tipo enrollado.

FIG. 3.4 PROCESO DE LA ELABORACIÓN DEL PAN TIPO ENROLLADO



Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

3.4. Evaluación Sensorial del Pan Tipo Enrollado

El estudio consta de tres formulaciones previamente descritas a lo largo de este capítulo, de la cual la proporción 7:3 (harina de trigo: harina de papa), va a ser evaluada sensorialmente. Los motivos de la elección se deben a que permite trabajar la masa, a las características del pan obtenido y al análisis de costos.

El pan 7:3 se evalúa frente a un pan 100% de trigo, para determinar si existe diferencia significativa. Dicho análisis se mide mediante una prueba sensorial de escala hedónica, en el cual se conoce la preferencia de los panelistas. El formato utilizado para la evaluación sensorial se muestra en el Apéndice F.

La prueba hedónica de 5 puntos consiste en asignar valores numéricos según el nivel de aceptación; donde “me gusta mucho” equivale a una calificación de 5 puntos, por lo tanto “me disgusta mucho” equivale a 1. Los resultados obtenidos de los 20 estudiantes no entrenados de la Escuela de los Chefs escogidos al azar se muestran en el Apéndice G.

El análisis estadístico realizado fue el de “t” de Student, con un nivel de confianza del 95% (Apéndice H). El resultado obtenido indicó que no existe diferencia significativa entre las formulaciones.

3.5. Caracterización del Pan Tipo Enrollado

Para el análisis de las 3 formulaciones propuestas: 60:40, 70:30 y 80:20, se escogieron panes de tamaño y forma similares, los cuales fueron horneados al mismo tiempo.

3.5.1. Ancho y Alto

Los panes miden 11.5 cm de largo y entre 7 y 8 cm de ancho. La medición se la realiza de manera directa. En la Fig. 3.5 se muestran las dimensiones para cada uno.

FIG. 3.5 DIMENSIONES DEL PAN ENROLLADO



Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

3.5.2. Textura

La dureza se determinó por medio de un Texturómetro, marca Brookfield, modelo CT3 empleando software TexturePro Ct V1.1 Build 7.

El procedimiento empleado fue el siguiente: se cortó una rebanada central del enrollado de 1cm de espesor, se eliminó la corteza y se colocó la miga con la cara plana de frente al émbolo del texturómetro, Figura 3.6.

FIG. 3.6 CORTE DE PAN EN TEXTUROMETRO



La determinación de la dureza se hizo mediante la compresión de la miga con el texturómetro con una velocidad de 1 mm/s.

Las características medidas fueron: dureza, elasticidad, y masticabilidad. El análisis estadístico de los datos se analizó usando el software Statgraphics; los resultados se muestra en la tabla 14.

TABLA 14
RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS DEL
TEXTURÓMETRO

MUESTRAS	DUREZA (N)	ELASTICIDAD (mm)	MASTICABILIDAD (mj)
70%:30%	4,90 ± 0,03	4.39 ± 0,05	141,40 ± 1,59
80%:20%	4,97 ± 0,02	4,33 ± 0,07	113,64 ± 2,12

Elaborado por: Diana Villavicencio y Jéssica Zavala, 2013

Se analizaron las 3 formulaciones citadas en el capítulo, pero solo se obtuvo la lectura de 2 de ellas. El pan elaborado con 40% de harina de papa, no se pudo leer en el texturómetro debido a su extrema dureza.

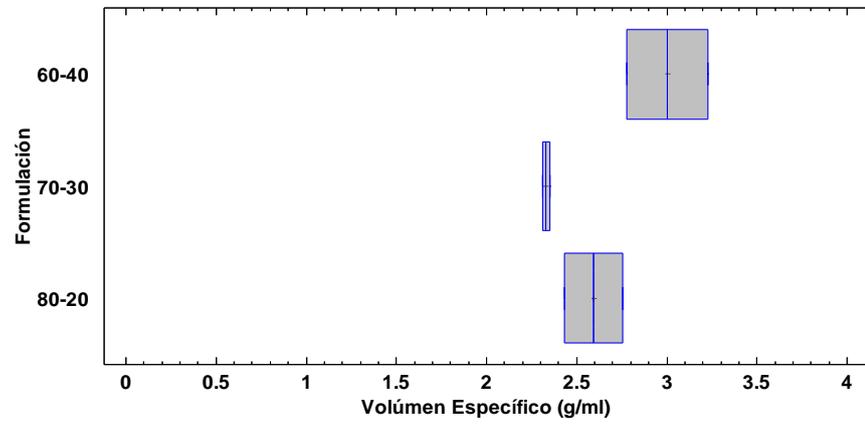
Mediante el análisis de varianza ANOVA, se conoce que no hay diferencia significativa entre las medias de las variables de dureza y elasticidad, pero si hay diferencia significativa en masticabilidad. Los resultados del análisis se muestran en el Apéndice I.

3.5.3. Volumen Específico

La medición de este parámetro consiste en determinar el volumen del pan, por medio del desplazamiento de semillas de mostaza en un recipiente.

En la figura 3.7. se muestra el diagrama de cajas, el cual indica que existe diferencia significativa entre las 3 muestras de pan, además se observa que la proporción que tuvo mayor volumen fue la 60:40 mientras que la de menor volumen fue la proporción 70:30.

FIG. 3.7 DIAGRAMA DE CAJAS DEL VALOR ESPECÍFICO DE PAN ENROLLADO



CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El objetivo de la tesis fue demostrar que se puede sustituir parcialmente la harina de trigo, para ello se escogió como materia prima a la papa, la razón para su selección fue dar un valor agregado a aquel tubérculo considerado como descarte en el mercado. Además, la elección de la papa se debió a que es uno de los alimentos que más se cosecha en el Ecuador y está disponible en todas las épocas del año.

La papa Superchola, es un tubérculo con un alto contenido de humedad 72,78% y 0,97 de actividad de agua, por lo tanto el tiempo de secado para obtener la harina se prolongó alrededor de 6 horas. Se obtuvo un polvo blanco con 12% de humedad, el tamaño de partícula fue de 0,21mm, una humedad de equilibrio de 0,235 g de agua/ g s.s. y 0,463 de actividad de agua, el valor de la de la monocapa para la harina fue de 0,0849 g agua/gss que nos indica el mínimo contenido de humedad en el que logra su máxima estabilidad.

El pan elaborado con las formulaciones 70:30 y 80:20 resultaron favorables, en cuanto a características organolépticas y textura final. Pero contrariamente a lo que se pensaba, el tiempo de vida útil del pan no se prolonga más allá de 24 horas, porque el pan comienza a endurecerse. No se considera necesaria el uso de aditivos, debido a que la formulación que se propone debe ser de bajo costo para su elaboración, además de que está destinado a las panaderías artesanales, en las cuales el pan es de consumo rápido.

Se opta por escoger el pan con 20% de harina de papa, debido a que es el mejor en cuanto a características organolépticas, masticabilidad

y volumen, a pesar de representar un costo mayor de 1 centavo con respecto a la formulación 70:30 y 100% de trigo.

Se atribuye el envejecimiento del pan, a la retrodegradación de los almidones, como se pudo observar en la formulación 60:40, la cual tenía mayor porcentaje de harina de papa. La textura de los panes al salir del horno era blanda, porque el almidón en la miga está hidratado y sus ramificaciones se encuentran en una manera amorfa, pero conforme pasan las horas, la amilopectina comienza a cristalizarse porque pierde su capacidad de retención de agua.

4.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda que para la obtención de la harina, siempre es necesario extraer la mayor cantidad posible de agua de la papa, para que el proceso de secado no se extienda.

Estudios posteriores podrían demostrar que la proporción menos favorable en este estudio, se presente mejor con la ayuda de aditivos si es que su destino es otro y requiere que su textura permanezca blanda por más de un día.

APÉNDICE A

VARIEDADES DE PAPAS POR ZONAS DE CULTIVO

ZONA DE CULTIVO	VARIEDAD
Norte: Provincia de Carchi	Chola
	Superchola
	Gabriela
	Esperanza
	María
	Fripapa 99
	ICA-Capiro
	Margarita
	Ormus
	Yema de huevo (Chauchas)
Centro: Provincias de Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo	Chola
	Uvilla
	Santa Catalina
	Esperanza
	Gabriela

	María
	Margarita
	Rosita
	Santa Isabel
	Superchola
	Yema de huevo
	Fripapa
	Cecilia-Leona
Sur: Provincias de Cañar, Azuay y Loja	Uvilla
	Boloña
	Santa Catalina
	Esperanza
	Soledad Cañari
	Gabriela

Fuente: PUMISACHO, M; SHERWOOD, S. El Cultivo de la Papa en Ecuador, 2002. 42p.

APÉNDICE B

SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y VENTAS, SEGÚN REGIÓN Y PROVINCIA

PAPA (Tubérculo fresco)

REGIÓN Y PROVINCIA		SUPERFICIE (Has)		PRODUCCIÓN (Tm)	VENTAS (Tm)
		Sembrada	Cosechada		
TOTAL NACIONAL		48.210	43.605	339.038	286.594
REGIÓN SIERRA		47.850	43.340	338.800	286.456
REGIÓN COSTA		241	146	201	137
REGIÓN ORIENTAL		118	118	38	.
REGIÓN SIERRA					
AZUAY	Solo	1.835	1.693	3.687	2.461

	Asociado	195	195	162	55
BOLÍVAR	Solo	1.402	1.326	7.884	4.618
	Asociado	.	.	.	.
CAÑAR	Solo	2.678	2.600	15.692	13.425
	Asociado	75	75	197	178
CARCHI	Solo	6.765	6.641	107.165	96.465
	Asociado	.	.	.	.
COTOPAXI	Solo	12.988	10.497	61.512	50.113
	Asociado	290	285	3.453	2.769
CHIMBORAZO	Solo	12.039	11.090	47.856	32.453
	Asociado	*	*	26	22
IMBABURA	Solo	852	792	8.007	7.801
	Asociado	75	75	228	187
LOJA	Solo	606	524	1.437	1.228
	Asociado	.	.	.	.
PICHINCHA	Solo	3.777	3.503	34.961	31.523
	Asociado	18	18	14	.

TUNGURAHUA	Solo	4.226	3.999	46.238	42.896
	Asociado	20	19	281	263
SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS	Solo	.	.	.	.
	Asociado	.	.	.	.
REGIÓN COSTA					
EL ORO	Solo	229	134	191	137
	Asociado	*	*	*	.
ESMERALDAS	Solo	.	.	.	.
	Asociado	.	.	.	.
GUAYAS	Solo	.	.	.	.
	Asociado	.	.	.	.
LOS RÍOS	Solo	.	.	.	.
	Asociado	.	.	.	.
MANABÍ	Solo	.	.	.	.
	Asociado	.	.	.	.

SANTA ELENA	Solo	.	.	.	.
	Asociado	.	.	.	.
REGIÓN ORIENTAL					
NORORIENTE	Solo	.	.	.	.
	Asociado	.	.	.	.
CENTRO-SURORIENTE	Solo	.	.	.	.
	Asociado	118	118	38	.

* Dato oculto por confiabilidad y confidencialidad estadística.

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC) ESPAC – 2011. TABLA 34.

APÉNDICE C

COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE MACRONUTRIENTES DE LA PAPA

	ENERGÍA (kcal)	PROTEÍNA	GRASA	GLÚSIDOS	FIBRA BRUTA	CENIZAS
HORTALIZAS	14 – 33	0,3 – 0,9	0 – 0,1	1,2 – 7,3	1 – 3,4	0 – 0,5
FRUTAS	25 – 83	0,3 – 1,2	0 – 0,1	6 – 20	1 – 3,4	0 – 0,5
PAPA CRUDA	80,4	2,1	0,1	18,5	2,1	1,0
PAPA SECA	321,8	8,4	0,4	74,3	8,4	4,0
ARROZ	365,5	6,8	0,5	80,2	2,4	0,6
TRIGO	333,4	13,3	2,0	70,9	12,1	1,7

Fuente: Woolfe, 1987.

APÉNDICE E

COSTOS DE FORMULACIÓN

INGREDIENTES	PORCENTAJE PANADERO	PESO (Kg)	PRECIO Kg (\$)	COSTO INGREDIENTE (\$)
Harina de trigo	100%	1,00	0,77	0,77
Azúcar	3%	0,03	0,88	0,03
Sal	2%	0,02	0,90	0,02
Manteca	20%	0,20	2,30	0,46
Levadura seca	0,3%	0,00	0,01	0,000036
Agua	62%	0,62	0,03	0,02
Total				1,29

INGREDIENTES	PORCENTAJE PANADERO	PESO (Kg)	PRECIO Kg (\$)	COSTO INGREDIENTE (\$)
Harina de trigo	60%	0,60	0,77	0,46
Harina de papa	40%	0,40	0,70	0,28
Azúcar	3%	0,03	0,88	0,03
Sal	2%	0,02	0,90	0,02
Manteca	20%	0,20	2,30	0,46
Levadura seca	0,3%	0,00	0,01	0,000036
Agua	62%	0,62	0,03	0,02
Total				1,26

INGREDIENTES	PORCENTAJE PANADERO	PESO (Kg)	PRECIO Kg (\$)	COSTO INGREDIENTE (\$)
Harina de trigo	70%	0,70	0,77	0,54
Harina de papa	30%	0,30	0,70	0,21
Azúcar	3%	0,03	0,88	0,03
Sal	2%	0,02	0,9	0,02
Manteca	20%	0,2	2,3	0,46
Levadura seca	0,3%	0,003	0,012	0,00004
Agua	62%	0,62	0,028	0,02
Total				1,27

INGREDIENTES	PORCENTAJE PANADERO	Peso Kg	PRECIO Kg (\$)	COSTO INGREDIENTE (\$)
Harina de trigo	80%	0,80	0,77	0,62
Harina de papa	20%	0,20	0,70	0,14
Azúcar	3%	0,03	0,88	0,03
Sal	2%	0,02	0,9	0,02
Manteca	20%	0,2	2,3	0,46
Levadura seca	0,3%	0,003	0,012	0,00004
Agua	62%	0,62	0,028	0,02
Total				1,28

APÉNDICE F

FICHA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL

ESCALA HEDÓNICA DE CINCO PUNTOS

FECHA:

Por favor, pruebe las muestras de pan una a la vez y luego de cada degustación beber un sorbo de agua. Indique su nivel de agrado marcando en el casillero correspondiente con una X.

VALOR	DESCRIPCIÓN	JT3	BP3
5	Me gusta mucho		
4	Me gusta		
3	Ni me gusta ni me disgusta		
2	Me disgusta		
1	Me disgusta mucho		

GRACIAS ☺!!!

APÉNDICE G

CALIFICACIONES DE LOS JUECES

Jueces	BP3	JT3	D	D2
1	3	4	-1	1
2	4	4	0	0
3	3	5	-2	4
4	4	4	0	0
5	5	4	1	1
6	5	3	2	4
7	4	4	0	0
8	4	4	0	0
9	3	5	-2	4
10	4	5	-1	1
11	4	4	0	0
12	4	5	-1	1
13	3	4	-1	1
14	4	5	-1	1
15	5	4	1	1
16	4	3	1	1
17	5	3	2	4
18	4	4	0	0
19	4	5	-1	1
20	5	4	1	1
	81	83	-2	26

APÉNDICE H

TABLA “t” STUDENT

Tabla 13: Inversa de la función de distribución de la variable t-Student.

<i>Gr.Lib.</i>	$t_{0.9}$	$t_{0.95}$	$t_{0.975}$	$t_{0.99}$	$t_{0.995}$
1	3.077684	6.313752	12.706205	31.820516	63.656741
2	1.885618	2.919986	4.302653	6.964557	9.924843
3	1.637745	2.353380	3.182449	4.540703	5.840909
4	1.533206	2.131847	2.776445	3.746954	4.604097
5	1.475884	2.015048	2.570582	3.364930	4.032159
6	1.439756	1.943180	2.446912	3.142668	3.707428
7	1.414924	1.894579	2.364624	2.997952	3.499483
8	1.396815	1.859548	2.306004	2.896459	3.355387
9	1.383029	1.833113	2.262157	2.821438	3.249836
10	1.372184	1.812461	2.228139	2.763769	3.169273
11	1.363430	1.795885	2.200985	2.718079	3.105806
12	1.356217	1.782288	2.178813	2.680998	3.054540
13	1.350171	1.770933	2.160369	2.650309	3.012276
14	1.345030	1.761310	2.144787	2.624494	2.976843
15	1.340606	1.753050	2.131450	2.602480	2.946713
16	1.336757	1.745884	2.119905	2.583487	2.920782
17	1.333379	1.739607	2.109816	2.566934	2.898231
18	1.330391	1.734064	2.100922	2.552380	2.878440
19	1.327728	1.729133	2.093024	2.539483	2.860935
20	1.325341	1.724718	2.085963	2.527977	2.845340
21	1.323188	1.720743	2.079614	2.517648	2.831360
22	1.321237	1.717144	2.073873	2.508325	2.818756
23	1.319460	1.713872	2.068658	2.499867	2.807336
24	1.317836	1.710882	2.063899	2.492159	2.796940
25	1.316345	1.708141	2.059539	2.485107	2.787436
26	1.314972	1.705618	2.055529	2.478630	2.778715
27	1.313703	1.703288	2.051831	2.472660	2.770683
28	1.312527	1.701131	2.048407	2.467140	2.763262
29	1.311434	1.699127	2.045230	2.462021	2.756386
30	1.310415	1.697261	2.042272	2.457262	2.749996
40	1.303077	1.683851	2.021075	2.423257	2.704459
50	1.298714	1.675905	2.008559	2.403272	2.677793
100	1.290075	1.660234	1.983972	2.364217	2.625891
1000	1.282398	1.646379	1.962339	2.330083	2.580755

APÉNDICE I

Resumen Estadístico para Dureza

<i>B.Col_1</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coeficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
70-30	2	4.895	0.0353553	0.722275%	4.87	4.92	0.05
80-20	2	4.965	0.0212132	0.427255%	4.95	4.98	0.03
Total	4	4.93	0.0469042	0.951403%	4.87	4.98	0.11

Tabla ANOVA para Dureza por B.Col_1

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0049	1	0.0049	5.76	0.1384
Intra grupos	0.0017	2	0.00085		
Total (Corr.)	0.0066	3			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 5.76471, es el cociente entre el estimado

entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 2 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

Resumen Estadístico para Elasticidad

<i>B.Col_1</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coeficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
70-30	2	4.39	0.0565685	1.28858%	4.35	4.43	0.08
80-20	2	4.335	0.0777817	1.79427%	4.28	4.39	0.11
Total	4	4.3625	0.0639661	1.46627%	4.28	4.43	0.15

<i>B.Col_1</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
70-30		
80-20		
Total	-0.489003	-0.0100182

El StatAdvisor

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 2 columnas de datos. Para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, seleccione Tabla ANOVA de la lista de Opciones Tabulares.

Selecciones Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

Tabla ANOVA para Elas por B.Col_1

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.003025	1	0.003025	0.65	0.5036
Intra grupos	0.00925	2	0.004625		
Total (Corr.)	0.012275	3			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.654054, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 2 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

Resumen Estadístico para Masticabilidad

<i>B.Col_1</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coeficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
70-30	2	141.395	1.59099	1.12521%	140.27	142.52	2.25
80-20	2	113.635	2.12839	1.87301%	112.13	115.14	3.01
Total	4	127.515	16.1005	12.6264%	112.13	142.52	30.39

<i>B.Col_1</i>	<i>Sesgo</i>	<i>Curtosis</i>
1	<i>Estandarizado</i>	<i>Estandarizada</i>
70-30		
80-20		
Total	-0.0108549	-2.33927

El StatAdvisor

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 2 columnas de datos. Para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, seleccione Tabla ANOVA de la lista de Opciones Tabulares. Seleccione Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

Tabla ANOVA para Mastica por B.Col_1

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	770.618	1	770.618	218.27	0.0046
Intra grupos	7.0613	2	3.53065		
Total (Corr.)	777.679	3			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 218.265, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 2 variables con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

BIBLIOGRAFÍA

1. INEC. Boletín Agropecuario Mensual: Impulso a la producción de trigo en la Sierra. En: Ecuador en cifras 2011 [En línea]. No. 14. Septiembre del 2011. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.com/cifras-inec/pdfs/agro14.pdf>
2. MONTERO Cecilia; CUESTA Xavier; JIMENEZ Javier; LOPEZ Gastón, Las papas nativas en el Ecuador, INIAP, Primera Edición, Quito-Ecuador, 2005. Pág. 9.
3. REINOSO R. Iván, El cultivo de papa y su participación en la economía ecuatoriana, INIAP. [En línea]. Pág 2. Artículo obtenido en: http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/stories/descargas/programas/cultivo_papa.doc.
4. PUMISACHO Manuel; SHERWOOD Stephen. El cultivo de la papa en Ecuador. INIAP. Primera Edición, 2002. Quito-Ecuador, Pág. 42.
5. ESCOBAR, W., Caracterización morfológica, agronómica y bioquímica de la colección ecuatoriana de papa subgrupo tardías. Tesis Ing. Agr. Universidad Estatal de Bolívar, 1997, Pág. 47.
6. VERDÚ, J., Nutrición y Alimentación Humana, Nutrientes y Alimentos. Vol. 1. Editorial Océano/Ergón, Barcelona-España, 2005, Pág. 121.

7. Willis, R.; MCGLASSON, B.; GRAHEM, D., Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Editorial Acribia, Zaragoza-España, 1998, Pág. 13.
8. PETRYK, Norberto, Entre papas y patatas, [En línea]. Disponible en: <http://www.alimentacion-sana.org/>
9. Papa. [En línea]. Artículo obtenido en: <http://www.amigosdelciclismo.com/pesoforma/archivos/papa1.htm>.
10. Usos y procesos productivos del Almidón de Papa. [En línea]. Obtenido en: <http://www.almidones.org/transagro/index.php/es/>.
11. CALAVERAS, Jesús, Nuevo tratado de panificación y bollería, AMV y Mundi-Prensa Ediciones, 2004, Segunda Edición, Madrid. Pág. 69, 71, 121, 160, 182, 189, 196, 212, 236,
12. La cascara de la papa. 18 de septiembre de 2008. [En línea]. Perú. Disponible en: <http://lacascaradepapa.blogspot.com/>
13. REHMAN, Z; HABIB, F; SHAH, W, Utilidad de la cascara de la papa como antioxidante natural en la conservación de grasas y aceites, 24 de Marzo del 2004. Lahore-Pakistan. [En línea]. Disponible en: <http://www.saludpublica.com/ampl/ampl14/04212002.htm>
14. BARBOZA, G; Vega, H, Deshidratación de alimentos, Editorial Acribia S.A., Zaragoza-España, 2000, Págs. 27-35, 130-135.

15. EARLE, R.L., Ingeniería de los Alimentos: Las operaciones básicas del procesado de los alimentos. Acribia, Editorial, S.A., 1988, 203 Páginas. Capítulo 12, Pág. 676.
16. Fundamentos de secado. Escuela de Ingeniería Agrarias. Artículo obtenido en: <http://onsager.unex.es/Apuntes/Termo/Tema6.pdf>
17. Perú: Máquina productora de harina de papa reducirá costo del pan. 3 de Abril del 2008. [En línea]. Obtenido en: <http://www.freshplaza.es/article/5546/Per%FA-M%E1quina-productora-de-harina-de-papa-reducir%E1-costo-del-pan>
18. CAUVAIN, Stanley; YOUNG, Linda S., Technology of Breadmaking, Segunda Edición. UK. Págs. 78, 79, 205.
19. TEJERO, Francisco, Defectos en la fermentación y la cocción. [En línea], Consultado el: 13 de Febrero del 2013. Madrid-España. Obtenido en: <http://www.franciscotejero.com/tecnica/fermentaci%F3n/defectos%20e n%20la%20fermentacion.htm>