



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL PERIODO DE
ALMACENAMIENTO DE PAPA (SOLANUM TUBEROSUM) VARIEDAD
SUPERCHOLA, EN LAS PROPIEDADES DE GELIFICACIÓN Y
RETENCIÓN DE AGUA DE SU HARINA PRECOCIDA.

AUTOR

JULIO CESAR ESPINOSA PILLAJO

AÑO

2019



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL PERIODO DE ALMACENAMIENTO
DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM*) VARIEDAD SUPERCHOLA, EN LAS
PROPIEDADES DE GELIFICACIÓN Y RETENCIÓN DE AGUA DE SU
HARINA PRECOCIDA.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero Agroindustrial y de Alimentos.

Profesor Guía

MSc. Gustavo Adolfo Guerrero Marín

Autor

Julio Cesar Espinosa Pillajo

Año

2019

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Evaluación de la influencia del periodo de almacenamiento de papa (*solanum tuberosum*) variedad superchola, en las propiedades de gelificación y retención de agua de su harina precocida, a través de reuniones periódicas con el estudiante, Julio Cesar Espinosa Pillajo, en el semestre 201910, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Gustavo Adolfo Guerrero Marín
Máster en Desarrollo e Innovación de Alimentos
C.I. 1719602144

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Evaluación de la influencia del periodo de almacenamiento de papa (*solanum tuberosum*) variedad superchola, en las propiedades de gelificación y retención de agua de su harina precocida, de Julio Cesar Espinosa Pillajo, en el semestre 201910, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

Santiago Mauricio Olmedo Ron
Magister en Gestión de la Producción
C.I. 1705972394

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Julio Cesar Espinosa Pillajo

C.I. 1712458049

AGRADECIMIENTOS

A mi esposa Susana, por su amor y apoyo incondicional junto a la hermosa familia que he formado a su lado.

A mi profesor guía por su acompañamiento, paciencia y contribución al desarrollo del presente trabajo.

DEDICATORIA

A mis hijos: Sofía y Joaquín, fuentes de motivación, para quienes comprometo mi diario esfuerzo en la búsqueda de sabiduría para guiar sus pasos.

A mis padres, pilares fundamentales que, con su testimonio de vida, me forjaron las aspiraciones de mejora y superación.

RESUMEN

El trabajo se enmarca en el aprovechamiento de excedentes de producción de papa (*solanum tuberosum*) variedad superchola para la obtención de harina precocida, estableciendo la posible influencia del periodo de almacenamiento de la materia prima en las propiedades de gelificación y retención de agua de la harina. Se utilizó papas cultivadas en la parroquia de Nono, sector Rundupamba con 15, 60 y 90 días de almacenamiento poscosecha, las cuales se sometieron a un proceso de cocción, secado y molido para la obtención de la harina, se calculó rendimientos y clasificación por granulometría, se caracterizó cada uno de las etapas de obtención y se elaboró el respectivo diagrama de flujo. Para el grado de gelificación, se manejaron muestras de 30 gramos de los tres tipos de harina de 297 micras de tamaño de partícula hidratadas con agua potable (18°C) en relaciones 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5. harina agua, se aplicó una prueba sensorial para establecer un grado de gelificación tomando la textura de la gelatina comercial como referencia, se analizó viscosidad y penetrabilidad, Los niveles de retención de agua se analizaron por método gravimétrico, midiendo pesos iniciales, pesos finales y volumen de agua liberada por muestras de masas gelificadas preparadas con los tres tipos de harina mantenidas por 24, 48, 72 y 96 horas en refrigeración. La información recolectada fue sometida a pruebas de varianza y análisis de medias Tukey al 5% para determinar diferencias. Como resultado se obtuvo que la harina obtenida de papa con 60 días de almacenamiento, tamaño de partícula de 297 micras, e hidratación en relación 1:2 harina agua, presento diferencias estadísticamente significativas de textura, estabilidad y retención de agua en su masa gelificada respecto a las dos restantes, con lo cual se puede argumentar que el periodo de almacenamiento influye en las características físico químicas del tubérculo afectando directamente las propiedades de gelificación y retención de agua . Finalmente se realizó un análisis costo beneficio de la producción de harina de papa respecto a su posible aplicación industrial.

Palabras clave: papa, harina, gelificación, precocida

ABSTRACT

The work is part of the use of surplus production of potatoes (*solanum tuberosum*) superchola variety to obtain precooked flour, establishing the possible influence of the storage period of the raw material in the gelling and water retention properties of flour. We used potatoes grown in the parish of Nono, Rundupamba sector with 15, 60 and 90 days of post-harvest storage, which were subjected to a process of cooking, drying and grinding to obtain the flour, yields were calculated and grading by granulometry, each of the procurement stages was characterized and the respective flow diagram was elaborated. For the degree of gelation, samples of 30 grams of the three types of flour of 297 microns of particle size hydrated with drinking water (18 ° C) were handled in 1: 1, 1: 2, 1: 3, 1 ratios: 4, 1: 5. water flour, a sensory test was applied to establish a degree of gelation taking the texture of commercial gelatin as a reference, viscosity and penetrability were analyzed, Water retention levels were analyzed by gravimetric method, measuring initial weights, final weights and volume of water released by samples of gelled masses prepared with the three types of flour maintained for 24, 48, 72 and 96 hours in refrigeration. The information collected was subjected to tests of variance and analysis of Tukey means at 5% to determine differences. As a result, it was obtained that the flour obtained from potato with 60 days of storage, particle size of 297 microns, and hydration in relation to 1: 2 flour water, showed statistically significant differences in texture, stability and water retention in its gelled mass. to the remaining two, with which it can be argued that the storage period influences the physical chemical characteristics of the tubercle directly affecting the properties of gelling and water retention. Finally, a cost-benefit analysis of the production of potato flour with respect to its possible industrial application was carried out.

Keywords: potato, flour, gelling, precooked

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo.....	2
1.1.1 Objetivo general	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
2. MARCO TEORICO.....	2
2.1 La papa.....	2
2.1.1 Descripción botánica	2
2.1.2 Composición química y valor nutricional	3
2.1.3 Condiciones edafoclimaticás de cultivo	4
2.1.4 Poscosecha.....	5
2.1.4.1 Almacenamiento.....	5
2.1.4.2 Tamaño comercial.....	7
2.1.5 Situación mundial de producción de papa	8
2.1.6 Industrialización de la papa	9
2.2 La papa en el Ecuador	9
2.2.1 Cultivo en el Ecuador	9
2.2.2 Situación nacional de la producción de papa	10
2.2.3 Variedad de papa superchola.....	11
2.3 Almidones	12
2.3.1 Almidón nativo	12
2.3.1.1 Almidón de papa	13
2.3.2 Almidón modificado	13
2.3.3 Almidón dañado.....	13
2.3.4 Propiedades de los almidones.....	14
2.3.4.1 Recristalización	14
2.3.4.2 Gelatinización.....	14
2.3.4.3 Gelificación.....	15
2.3.4.4 Retrogradación.....	15
2.3.5 Reología en la industria alimenticia	15

3. METODO EXPERIMENTAL	17
3.1 Materiales	17
3.1.1 Material vegetal	17
3.1.2 Materiales de laboratorio	17
3.2 Metodología.....	18
3.2.1 Ubicación del experimento	18
3.2.2 Periodos de almacenamiento	18
3.2.3 Obtención de harina	19
3.2.3.1 Etapas para obtención de harina de papa precocida	19
3.2.3.2 Rendimiento de harina de papa precocida.....	20
3.2.3.3 Diseño experimental rendimiento harina de papa.	20
3.2.3.4 Granulometría de harina pre cocida de papa obtenida	20
3.2.4 Gelificación.....	21
3.2.4.1 Ensayo preliminar de gelificación	21
3.2.4.2 Determinación del grado de gelificación.....	22
3.2.4.3 Diseño experimental grados de gelificación.	23
3.2.5 Capacidad de retención de agua.....	25
3.2.5.1 Diseño experimental capacidad retención de agua.....	26
3.2.6 Análisis de costo beneficio producción de harina.	26
4. RESULTADOS Y DISCUSION	27
4.1 Harina de papa	27
4.1.1 Caracterización del proceso de obtención	27
4.1.2 Flujograma.....	31
4.1.3 Rendimiento	32
4.1.4 Granulometría.....	34
4.2 Determinación del grado de gelificación	35
4.2.1 Ensayo preliminar de gelificación	35
4.2.2 Determinación de grado de gelificación.....	36
4.3 Determinación de capacidad de retención de agua.....	42
4.4 Análisis costo beneficio de la producción de harina	46

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
5.1 Conclusiones	48
5.2 Recomendaciones.....	49
REFERENCIAS	51
ANEXOS	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la papa.....	3
Tabla 2. Composición de papa por 100 g de porción comestible.....	4
Tabla 3. Condiciones edafoclimaticas para cultivo de papa	5
Tabla 4. Clasificación comercial de papa según su diámetro	8
Tabla 5. Zonas productoras de papa en el Ecuador.....	10
Tabla 6. Características de muestras de papa para estudio	17
Tabla 7. Periodos de almacenamiento de papa para estudio.....	18
Tabla 8. Tamices para clasificación de harinas por granulometría.....	21
Tabla 9. Caracterización proceso obtención harina papa precocida	28
Tabla 10. Rendimiento harina de papa precocida.	32
Tabla 11. Análisis de varianza rendimiento de harina papa precocida.....	32
Tabla 12. Prueba Tukey rendimiento de harina papa precocida	33
Tabla 13. Porcentaje de harina según granulometría.....	35
Tabla 14. Análisis de varianza desplazamiento de masas papa gelificada	38
Tabla 15. Prueba Tukey viscosidad de masas papa gelificada	38
Tabla 16. Grado de gelatinización de harinas de papa precocidas	39
Tabla 17. Análisis de varianza penetrabilidad harina gelificada	40
Tabla 18. Prueba Tukey penetrabilidad respecto a la harina	40
Tabla 19. Diferencia de peso y agua liberada de harina gelificada	43
Tabla 20. Análisis de varianza retención de agua	44
Tabla 21. Prueba Tukey retención de agua respecto a la harina	44
Tabla 22. Prueba Tukey retención de agua, interacción harina: agua	45
Tabla 23. Costo de producción harina de papa precocida en laboratorio	47

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rendimiento de papa (t/ha) 2014 - 2018.....	11
Figura 2. Evaluación preliminar de textura masas harina gelificadas.....	22
Figura 3. Flujograma gelificación harina de papa.....	23
Figura 4. Evaluación de textura masas harina gelificadas.....	24
Figura 5. Recipientes para recolección de agua liberada.....	25
Figura 6. Flujograma obtención harina precocida de papa.....	31
Figura 7. Harinas clasificadas por granulometría.	34
Figura 8. Muestras preliminares de masas gelificadas.....	36
Figura 9. Diseño experimental gelificación.....	37
Figura 10. Medición del desplazamiento en consistometro de Bostwick.....	37
Figura 11. Desplazamiento de masas de harina de papa precocidas.....	37
Figura 12. Masas de harina de papa precocida gelificadas.....	39
Figura 13. Agua liberada de masas gelificadas.....	43

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa se ubica entre las principales actividades agrícolas del país debido a su masivo consumo en fresco y productos procesados. Durante el año 2016, Ecuador destinó 32.742 hectáreas para su cultivo, con una producción de 422.589 toneladas a nivel nacional generando una ocupación aproximada de 88.000 productores, equivalente al 3,2 % de la población económicamente activa del país (INEC, 2016). Según datos del MAG; el año 2017 registró una productividad promedio a nivel nacional de 18,9 t/ha de la variedad Superchola en Carchi, Chimborazo, Sucumbíos, Tungurahua, y Cotopaxi, evidenciando un considerable incremento en la producción tomando en cuenta las 12 t/ha registradas en el 2014. La sobreproducción derivada del incremento de producción ocasiono una caída en los precios del tubérculo durante el primer semestre del 2018 según datos oficiales del MAG, generando pérdidas para los productores al vender su producto por debajo de sus costos de producción, llegando incluso a no sacar su producto a los centros de acopio para su comercialización.

La obtención de un tipo de harina se presenta como una alternativa de aprovechamiento de los excedentes, pues reduciría el desperdicio, favoreciendo su conservación y diversificación de productos procesados derivados de esta.

El presente trabajo busca caracterizar un proceso de obtención de harina de papa precocida, determinando la posible afectación del periodo guarda de la materia prima en la capacidad de la harina para formar estructuras gelificadas, aprovechando el fenómeno de gelificación propio de los almidones que involucra absorción y retención de agua, propiedades de relevancia para su posible aprovechamiento industrial. (Díaz, 2010).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

- Determinar la influencia del tiempo de almacenamiento de la papa (*Solanum tuberosum*) variedad superchola en la capacidad de gelificación y retención de agua de las harinas pre cocidas derivadas de esta materia prima.

1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el proceso de obtención de harina de papa precocida a partir de materia prima con diferente tiempo de almacenamiento.
- Determinar el grado de gelificación de las harinas de papa precocidas obtenidas.
- Evaluar la capacidad de retención de agua de las harinas de papa precocidas con mejor grado de gelificación.
- Analizar el costo beneficio de producción de harina de papa precocida.

2. MARCO TEORICO

2.1 La papa

2.1.1 Descripción botánica

La papa (*Solanum Tuberosum*), es una planta rastrera de tallos huecos leñosos, con entrenudos cortos. Desarrolla una masa foliar con un promedio de altura de 0,60 a 1,5 m, desarrolla hojas pigmentadas compuestas, crecimiento de flores de 5 pétalos en racimos terminales, presentando órgano masculino (androceo) y órgano femenino (gineceo), de coloración de diversas tonalidades (blanco, rojo, amarillo y purpura) según su variedad. El fruto se define como una baya carnosa redonda u ovalada verde amarillento o castaño rojizo, donde se ubican las

semillas sexuales. La papa produce un tubérculo con presencia de ojos y yemas en su superficie, resultado de la proliferación de tejidos de reserva ricos en hidratos de carbono (almidón), que se aprovecha como alimento. El tamaño, forma y coloración de la pulpa varía dependiendo de la variedad. (Pumisacho y Sherwood , 2002)

Tabla 1.

Taxonomía de la papa

Familia:	Solanaceae
Genero:	Solanum
Subgénero:	Potatoe
Sección:	Petota
Serie:	Tuberosa
Especie:	Solanum tuberosum

Tomado de Pumisacho y Sherwood , 2002

2.1.2 Composición química y valor nutricional

La conformación de la papa se distribuye: 75% agua, 20% carbohidratos, 2% proteínas y 3% minerales: potasio, fosforo, magnesio y calcio, contenido de grasa reducido, presencia de carotenoides y ácido ascórbico. En la parte inferior de la cascara concentra vitamina C que regularmente se pierde tras el proceso de pelado y cocción en agua. Sus almidones se consideran de rápida absorción al ser cocinados a 100°C, temperatura que lo transforma favoreciendo su digestión. (Sanchez, 2003)

Tabla 2.

Composición de 100 g de porción comestible de papa

COMPONENTE	CANTIDAD	UNIDADES
Energía	103	kcal
Agua	73,2	g
Proteína	2	g
Grasa	0,4	g
Carbohidratos	23,3	g
Fibra	0,7	g
Cenizas	1,1	g
Calcio	6	mg
Fosforo	52	mg
Hierro	0,4	mg
Tiamina	0,07	mg
Riboflavina	0,06	mg
Niacina	1,85	mg
Ácido ascórbico	9	mg

Tomado de Sanchez, 2003

2.1.3 Condiciones edafoclimáticas de cultivo

Se cultiva en más de 100 países alrededor del mundo, de cuyas condiciones edafoclimáticas depende la selección de la variedad que mejor se adapte para alcanzar los rendimientos óptimos. (Intagri, 2017)

Tabla 3.

Condiciones edafoclimáticas para cultivo de papa

	CONDICIONES	OPTIMO
TEMPERATURA	10 a 30 °C	17 a 23 °C
ALTITUD	460 a 3000 msnm	1500-2500 msnm
PRECIPITACION	600 a 1000 ml	
LUZ	8 a 16 horas luz	Según variedad
SUELO	Franco , Franco arenosos, franco arcilloso, franco limosos	Franco arenoso
pH	5,0 a 7,0	
PENDIENTE	0 a 4 %	2%
VIENTO	< 20 km/h	

Adaptado de Intagri, 2017

2.1.4 Poscosecha

Engloba las actividades desarrolladas para mantener la calidad de la papa una vez que el tubérculo ha sido cosechado al haber alcanzado su madurez fisiológica. Al ser un organismo vegetal vivo, la papa consume oxígeno, desprende dióxido de carbono y emite energía en forma de calor, considerando estos factores, es fundamental tomar en cuenta las condiciones de manejo agronómico, cosecha, transporte y forma de almacenamiento para resguardar su vida útil, valores nutricionales y características comerciales, tomando en cuenta su composición principal de 75% de agua que le otorga un alto grado de perecibilidad. (Consortio Papa Chile SpA, s.f.)

2.1.4.1 Almacenamiento

La luz, ventilación y humedad relativa, constituyen los principales factores a considerar y controlar para un almacenamiento adecuado del tubérculo con miras a reducir el grado de afectación en sus características organolépticas y físicas. La ventilación oxigena el ambiente, remueve el dióxido de carbono y el exceso de calor producido por los tubérculos durante el proceso de respiración,

altas concentraciones de dióxido de carbono generan fermentación y pudrición de la papa, niveles de 2 a 4 % son considerados como concentraciones óptimas para un sistema de almacenamiento. La humedad se vincula con el ritmo de evaporación y condensación de agua, una considerable diferencia entre la humedad de los tubérculos y la humedad relativa del aire puede provocar niveles altos de evaporación afectando las condiciones físicas de la papa al perder a un ritmo acelerado el agua de su constitución, a la vez el agua evaporada puede llegar a condensarse humedeciendo los tubérculos y generando proliferación de hongos o bacterias que provocan pudrición húmeda, se recomienda manejar una humedad relativa entre 90 y 95 %. La exposición de tubérculos a la luz provoca un verdeamiento superficial producto de la generación de alcaloides (solanina) consideradas tóxicas para consumo humano, por tanto, el almacenaje debe ser realizado en lugares oscuros o con bajas entradas de luz. (Consortio Papa Chile SpA, s.f.) (Booth & Shaw, 1981)

Durante el almacenamiento, se puede generar pérdidas derivadas de la interacción de factores físicos, fisiológicos y patológicos, ocasionando mermas de calidad y cantidad de papa, la primera comúnmente desestimada en relación a la cantidad, pues, el volumen de producción representa la principal variable de cuantificación inmediata. Sin embargo, las alteraciones físicas, químicas y nutricionales del producto modifican propiedades organolépticas y funcionales al momento de su procesamiento, factores de calidad que pueden generar pérdidas considerables, pues a nivel industrial, se requiere de diversas características propias para su procesamiento de acuerdo al tipo de producto final a obtener, siendo las más representativas: tamaño, forma, uniformidad, materia seca y azúcares reductores, características y concentraciones propias que varían según cada variedad.. (Pumisacho & Sherwood , 2002)

Fisiológicamente, se puede generar pérdidas al exponer a los tubérculos a temperaturas extremas, ya que al ser organismos vivos mantienen procesos de respiración y transpiración generando pérdida de agua y porcentajes de materia seca entre el 1 al 2% en el transcurso del primer mes, promediando un 0,8% por

mes a partir del segundo (Booth & Shaw, 1981), factores a tomar en cuenta para el establecer las condiciones físicas propicias de la bodega y los tiempos de almacenamiento en base a estos, pues una vez cosechada la papa necesita continuar respirando para obtener energía, proceso que se acompaña con: la oxidación de sus reservas de almidón y azúcares, conjuntamente con la transpiración, en la cual se genera pérdida de agua, reduciendo su peso, modificando su apariencia, la elasticidad del tejido, adquiriendo un textura blanda y marchita. (Pumisacho & Sherwood , 2002) (Booth & Shaw, 1981)

Según Crisci (1992), durante el almacenamiento, los tubérculos pasan por tres etapas fisiológicas:

- Curado: primeros 15 días posteriores a la cosecha, se produce un fortalecimiento de la piel (cascara), actividad fisiológica con abundante pérdida de agua por los procesos de respiración y transpiración.
- Dormición: o estado de reposo, comprende periodos de 60 a 90 días de almacenamiento, se produce principalmente cambios de almidón en azúcares.
- Brotación: periodos superiores a 90 días, inicia desarrollo de brotes, pérdida de consistencia y peso por incremento de respiración.

2.1.4.2 Tamaño comercial

El tamaño de tubérculo es la principal característica de influencia tomada en cuenta para establecer el precio de comercialización, especialmente la destinada para su consumo en fresco. (Sanchez, 2003)

Tabla 4.

Clasificación comercial de papa según su diámetro

Categoría comercial	Diámetro (mm)
Primera	65-90
Segunda	45-64
Tercera	30-44

Tomado de Sanchez, 2003

2.1.5 Situación mundial de producción de papa

Según el CIP (Centro Internacional de la Papa), al año 2005, la producción mundial alcanzo los 320 millones de toneladas métricas anuales, consumidas por un promedio de 14 mil millones de personas alrededor del mundo, con una métrica de consumo promedio de 50 kg/año/persona, posicionándose en el tercer lugar de importancia en la alimentación mundial tras el arroz y el trigo.

A partir del año 2005, los países en desarrollo vienen presentado un importante incremento en la producción de papa; 5% anual, llegando a ocupar un 52 % de la participación mundial respecto al abastecimiento de este producto, cuyo consumo en fresco en contra posición a la producción, se encuentra disminuyendo, esto, como consecuencia de la creciente demanda de productos alimenticios procesados de fácil preparación, tendencia ligada al crecimiento de la población, ingresos económicos, reducción de tiempos y nuevos estereotipos familiares. (FAO, 2008)

Para el año 2016, según datos de servicio de estadística de la Fao (FAOSTAT), la producción mundial de papa se ubico en los 476 millones de tonelada metricas, presentando a China, India, Rusia, Ucrania, Estados Unidos y Alemania como los principales países productores.

2.1.6 Industrialización de la papa

El consumo en fresco representa menos del 50% de la producción mundial, destinándose la diferencia al abastecimiento de materia prima a las industrias para su procesamiento y fabricación de productos alimentarios con valor agregado destinadas a restaurantes y cadenas de comida rápida. La industria de snacks la destina para producción de hojuelas crocantes mientras que la industria alimentaria maneja alternativas de aprovechamiento mediante la obtención de harina que no contiene gluten, rica en almidón, carbohidrato con propiedades gelificantes destinada como insumo para aglutinar y espesar salsas y sopas. En cuanto a la industria de las bebidas; en Europa oriental y países escandinavos, la papa es aprovechada para obtener bebidas alcohólicas como el vodka; mediante tratamientos térmicos que transforman el almidón en azúcares que son sometidos a fermentación y destilación. (FAO, 2008)

2.2 La papa en el Ecuador

2.2.1 Cultivo en el Ecuador

Al ser un cultivo de altura, en el país la producción se centra en zonas andinas ubicadas sobre los 2000 a 3600 msnm, con temperaturas óptimas de 6 a 18°C, precipitaciones entre 600 a 1200 mm, requiere territorios de suelos franco arenosos con buen drenaje y provistos de materia orgánica. (Pumisacho & Sherwood, 2002)

Tabla 5.

Zonas productoras de papa en el Ecuador

ZONAS	PROVINCIAS	VARIEDADES
NORTE	Carchi e Imbabura	Superchola, Rosada, Roja Diacol - Capiro, Parda, Única Violeta
CENTRO	Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua Bolívar y Chimborazo	Superchola, Gabriela, Natividad, Cecilia, Fripapa Santa Catalina Yema de huevo, Leona blanca Uvilla
SUR	Cañar, Azuay y Loja	Carrizo, Santa Catalina, Fripapa.

Adaptado de Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2014

2.2.2 Situación nacional de la producción de papa

A nivel nacional, la papa se cultiva en 12 provincias ocupando el séptimo lugar de producción, actualmente el MAG mantiene implementado el “Operativo de Rendimientos Objetivos para el Cultivo de Papa”, programa destinado al manejo de información actualizada que sirva de referencia para potencializar el sector. (Monteros, 2016)

Según datos de la Encuesta de superficie y producción agropecuaria ESPAC 2016, el Ecuador destinó 32.742 hectáreas para el cultivo de papa, con una producción de 422.589 toneladas a nivel nacional, aglutinando aproximadamente a 88.000 productores, 3,2 % de la población del país económicamente activa.

El informe de Rendimientos de Papa en el Ecuador 2017 emitido por del MAG, determinó para este periodo una productividad de papa a nivel nacional promedio de 18.9 t/ha, con el uso mayoritario de semilla Superchola, conservando la

tendencia de aumento de productividad evidenciada en los últimos 4 años. Entre las provincias que presentaron un rendimiento superior a la media nacional se destacan: Sucumbíos con 30 t/ha, Tungurahua con 25,7 t/ha, Carchi con 21,9 t/ha y Chimborazo con 19,2 t/ha, mientras que Cotopaxi con 12,3 t/ha se muestra como la de menor rendimiento. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2018)

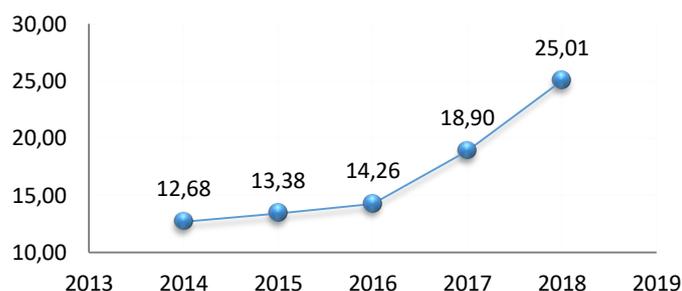


Figura 1. Rendimiento de papa (t/ha) 2014 - 2018

Adaptada de Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2018

2.2.3 Variedad de papa superchola

Esta variedad fue desarrollada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), producto del cruzamiento de variedades de papa: “Curipamba negra x *Solanum demissum* x clon resistente con comida amarilla x chola seleccionada”, en 1984. Produce tubérculos medianos, ovalados, de piel lisa de una coloración rosada, ojos superficiales y pulpa amarilla pálida con un contenido de materia seca del 24%. Es utilizada para consumo en fresco en sopas y puré, de forma procesada se destina para frituras y chips. (Pumisacho & Velásquez, 2009)

2.3 Almidones

2.3.1 Almidón nativo

El almidón nativo es un polisacárido de reserva presente en diversos productos vegetales; maíz, trigo, papa, yuca entre otros, se presenta en forma de gránulos insolubles en agua donde se almacenan los hidratos de carbono. El almidón puede ser degradado a glucosa, proporcionando una fuente importante de energía. Posee propiedades espesantes y gelificantes de gran influencia sobre las características físicas de muchos alimentos. (Delcour & Honesey, 2010)

Estructuralmente está formado por dos polímeros: amilosa y amilopectina, la primera constituida por unidades de glucosa α (1-4) en formación lineal sin ramificaciones, al contacto con agua generan soluciones coloidales. La amilopectina presenta una estructura ramificada α (1-6) que aparecen cada 10 a 12 glucosas. La amilosa se presenta en forma cristalizada por la gran cantidad de enlaces de hidrogeno entre grupos OH, por lo cual solo se hincha a temperaturas elevadas, soluciones concentradas de esta, forman rápidamente geles rígidos y elásticos, mientras que las soluciones acuosas son inestables sobre todo cuando la temperatura tiende a descender. (Diaz, 2010)

El almidón, al suspenderse en agua fría la absorbe y se hidrata, si se aumenta la temperatura de la suspensión sufre un hinchamiento mayor provocando la ruptura del granulo liberando la amilosa y la amilopectina, transformando la suspensión liquida en una suspensión viscosa, la temperatura en la que el almidón pierde su estructura se define como temperatura de gelatinización, que en promedio bordea los 58°C, en determinados casos produciéndose desde los 10°C. (Gil, 2010)

2.3.1.1 Almidón de papa

El granulo de almidón de papa presenta una forma ovalada con un tamaño de 39 a 70 micras de diámetro, ocupando entre el 65 al 80% de la materia seca total del tubérculo, con una la relación 3:1 amilosa amilopectina. (Montaldo, 1984)

El almidón de papa presenta alta consistencia en la gelificación con disminución de viscosidad posterior al calentamiento o agitación. Maneja baja temperatura de gelatinización permitiendo que sea dispersible en agua fría. (Aristizabal & Sanchez, 2007). También, tras un proceso de cocción y posterior secado se obtiene un material pre-gelificado con solubilidad en agua fría, la base de muchos espesantes utilizados en cremas, pudines, flanes etc. (Garcia, s.f.)

2.3.2 Almidón modificado

Este término se aplica a aquellos almidones nativos expuestos a una modificación física o química, aplicada para alterar sus propiedades y funcionalidad con miras a mejorar su aprovechamiento a nivel industrial. Entre las modificaciones se cuentan: la pre-gelificación como modificación física, oxidación, modificación ácida, esterificación y entrecruzamiento como modificaciones químicas. (Garcia, s.f.) (Delcour & Honeseey, 2010)

2.3.3 Almidón dañado

Se identifica como almidón dañado al porcentaje de gránulos almidón nativo que ha sufrido una alteración física (ruptura) por efecto de fuerzas mecánicas especialmente aplicadas durante el proceso de molienda (Kohli & Martino, 1997), tal es el caso de las fuerzas de compresión utilizadas en los molinos de rodillo para pulverizar el material y obtener harinas finas, lo que ocasiona el fraccionamiento del 5 al 12 % del almidón total (Riad, 2017). La principal característica del almidón dañado es su capacidad de absorción de agua, la cual se incrementa entre un 200 al 430 % por la mayor cantidad de espacios libres

disponibles generados al romperse las interacciones de las cadenas poliméricas en su estado cristalino. Esta propiedad afecta en la porosidad y ciertas propiedades reológicas de las masas, por ende su influencia radica de forma directa en la textura de los productos derivados. (Barrera, 2014)

2.3.4 Propiedades de los almidones

2.3.4.1 Recristalización

Representa la capacidad de la amilosa a retomar su estructura cristalina original tras el proceso de gelatinización, mediante la regeneración de los enlaces de hidrógeno ocupados y liberados por las moléculas de agua absorbidas. Este fenómeno provoca la exudación de agua conocida como sinéresis, separando la solución en fases líquidas y sólidas. La amilopectina al presentar una estructura ramificada mantiene un grado de cristalización inferior a la amilosa por lo cual no tiende a recristalizar, elevando la capacidad de retención de agua y evitando la retrogradación de las soluciones. (Díaz, 2010)

2.3.4.2 Gelatinización

EL almidón inicialmente es insoluble en agua fría, sin embargo, las moléculas de agua pueden penetrar libremente en el gránulo durante la hidratación a temperatura ambiente. Al incrementarse la temperatura los gránulos de almidón sufren el proceso de gelatinización comprendido como el inicio de la absorción de agua, hinchazón de los gránulos y solubilización progresiva del almidón. Este fenómeno tiende a producirse a determinados rangos de temperatura conocido como intervalo de temperatura de gelatinización. (Delcour & Honesey, 2010)

Con temperaturas a partir de 55°C, la hinchazón de los gránulos puede alcanzar valores 2.000 veces mayor respecto a su peso inicial, incrementando la viscosidad de la solución por el hinchamiento de los gránulos que se juntan más unos con otros. (Díaz, 2010)

2.3.4.3 Gelificación

Un gel es un sistema líquido con propiedades de un sólido donde una pequeña cantidad de material sólido abarca una gran cantidad de agua. Algunos ejemplos comunes son: la gelatina, rellenos de tartas y budines. La gelificación se entiende como la obtención de una estructura con las características de un gel, tras el enfriamiento de una solución gelatinizada gracias a la formación de una red tridimensional con enlaces intermoleculares de hidrogeno entre las moléculas de amilosa que atrapan el agua absorbida. Por tanto, almidones con alto contenido de amilopectina difícilmente tienden a formar geles. (Delcour & Honesey, 2010)

2.3.4.4 Retrogradación

Un almidón gelatinizado al enfriarse forma una solución viscosa gelificada, donde se puede producir un reordenamiento de las cadenas lineales de amilosa y de las cadenas cortas de amilopectina, a este fenómeno se cataloga como retrogradación en alusión a la capacidad de reordenamiento de las estructuras cristalinas especialmente de amilosa, desencadenando la sinéresis que expulsa el agua retenida y precipita la moléculas solidas (Gil, 2010)

Almidones con concentraciones superiores al 23% manejan altos niveles de retrogradación, no son recomendables como espesantes pues generan texturas granuladas o pueden generar sinéresis, presentan mayor resistencia a la cocción por su estructura cristalina que exige altas temperaturas para su hinchamiento, almidones por debajo del 23 % de concentración de amilosa generan mayor viscosidad con bajos grados de retrogradación. (Diaz, 2010)

2.3.5 Reología en la industria alimenticia

La reología se enfocada al análisis de la deformación y flujo de materiales sean estos gaseosos, líquidos, plásticos, pastosos, suspensiones, entre otros, provocado por la influencia de una fuerza. (Ramirez, 2006).

En el caso de los alimentos, estos están expuestos a diversas fuerzas durante su procesamiento, de manera especial en las operaciones de modificación de tamaño y prensado. Las propiedades de textura también se vinculan a reología, pues se determina a partir de la evaluación de la deformación de una muestra representativa mediante métodos: fundamentales, imitativo, empíricos, químicos o microscópicos. Los métodos fundamentales; contemplan una medición y descripción matemática de ciertas propiedades físicas vinculadas a una característica sensorial definida: sabor, color, dureza, masticabilidad, gomosidad, humedad, etc. Entre las principales propiedades físicas se toman: la relación tensión-fuerza, comportamiento visco elástico, productos plásticos-visco plásticos, y comportamiento viscoso. El método imitativo consta de técnicas basadas en simular las fuerzas y deformaciones sufridas por los alimentos mientras son consumidos, para lo cual se cuenta con ciertos equipos calibrados para ello, como el caso del texturometro de General Foods que simula el proceso de masticación. Los métodos empíricos, presentan una alternativa para medir propiedades como: penetración, cizalla, compresión, extracción, corte, flujo y mezcla. (Lewis , 1993)

Los métodos químicos y microscópicos contribuyen y complementan una evaluación de textura, especialmente en frutas y hortalizas, pues al ser organismos vivos se mantienen activos durante los periodos de almacenamiento, donde ocurren procesos bioquímicos de influencia directa en la textura del alimento, siendo útil el análisis de factores como: pectinas solubles, sólidos totales, acidez, almidones, etc., que mediante el uso de microscopio se puede obtener información estructural que se relacione con una determinada propiedad reológica que influya o sea responsable de sus características de textura. (Lewis,1993)

3. METODO EXPERIMENTAL

3.1 Materiales

3.1.1 Material vegetal

Tubérculos de papa variedad super chola almacenados por 15, 60 y 90 días tras su cosecha, sin lesiones físicas ni presencia de plagas.

Tabla 6.

Características de muestras de papa para estudio

MUESTRAS	PERIODO DE ALMACENAMIENTO	PESO PROMEDIO (g)	DIAMETRO PROMEDIO (mm)	HUMEDAD PROMEDIO
P1	90 días	20	50	72,13 %
P2	60 días	22	50	75,51%
P3	15 días	26	50	78,19%

3.1.2 Materiales de laboratorio

- Secador de bandejas eléctrico con aire forzado
- Refrigerador domestico
- Balanza analítica
- Termo balanza Mettler Toledo HE73/01
- Consistómetro de Bostwick.
- Penetrómetro PCE-FM200
- Cocina industrial
- Molino de disco kidchenAid
- Tamices metálicos: 1180, 500 y 297 micras

3.2 Metodología

3.2.1 Ubicación del experimento

El estudio se desarrolló en las instalaciones la Universidad de las Américas sede Queri; laboratorio de procesamiento de alimentos, aquí se aplicó el método de obtención de harina precocida, granulometría, las pruebas de gelificación y retención de agua a las harinas obtenidas.

Las muestras de papa (*solanum tuberosum*) variedad súper chola, se obtuvieron del sector Rundupamba, provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Nono, ubicada a 3086 msnm con temperaturas fluctuantes entre 6 °C y 17 °C.

El almacenamiento se ubicó en la misma localidad en una zona cubierta semi cerrada junto a los campos de cultivo. Las papas se empacaron en sacos de yute y se mantuvieron a temperaturas ambientales hasta su procesamiento.

3.2.2 Periodos de almacenamiento

Para el estudio se estableció periodos de almacenamiento comprendidos entre 90 y 15 días posteriores a la cosecha. Para el procesamiento de la harina se utilizó muestras con los tiempos establecidos y se aplicó el mismo proceso de obtención de harina evaluando rendimientos finales.

Tabla 7.

Periodos de almacenamiento de papa para estudio

Periodo	Tiempo
T1	90 días
T2	60 días
T3	15 días

3.2.3 Obtención de harina

Para la obtención de harina precocida se aplicó una metodología que involucra un tratamiento térmico de cocción, deshidratación y molienda como principales etapas del proceso.

3.2.3.1 Etapas para obtención de harina de papa precocida

- Recepción de materia prima: se utilizó tubérculos sanos: sin magulladuras, lesiones mecánicas o incidencia de plagas.
- Lavado: se retiró residuos de tierra o impurezas del tubérculo mediante inmersión en agua sin sustancias químicas.
- Pelado: de forma manual se retiró la cascara mediante el uso de cuchillos
- Troceado: se procedió a cortar la papa en cubos de 2 cm para optimizar proceso de cocción.
- Cocinado: se sometió a cocción de papa picada en agua a 90°C por un tiempo promedio de 25 minutos, hasta alcanzar un ablandamiento de la papa resistente a la penetración con una fuerza promedio de 1,50 N medido con el penetrómetro.
- Aplastado: la papa cocida se redujo a puré mediante el uso de un utensilio aplastador de madera.
- Laminado: se formó láminas de puré de 3 mm de grosor con 50 cm² de área con ayuda de un rodillo de panadería. Láminas con un grosor superior a los 3 mm extendieron el tiempo de sacado sin alcanzar una homogeneidad en cuanto a la eliminación de humedad en la parte central de las láminas.
- Secado: las planchas de puré fueron sometidas a deshidratación para eliminar el agua y obtener hojuelas con un promedio de 15 % de humedad, valor que se aproxima a lo establecido en la norma NTE INEN 616 del Servicio de Ecuatoriano de Normalización (2005). Tiempo promedio del proceso 24 horas, con un rango de temperatura 53 – 65 °C.

- Molido: las hojuelas se molieron en un molino de disco Kitchen Aid para grano fino. Cada muestra fue sometida a dos procesos de molienda para alcanzar una granulometría homogénea.
- Tamizado: se pasó la harina en tamices metálicos con diferente calibre de luz de malla: 1180, 500 y 297 micras respectivamente, obteniendo cuatro tipos de harina respecto a este parámetro. Se tomó como referencia el Codex alimentarius (2005) para establecer la granulometría a cumplir para ser considerada como harina.
- Empacado: las harinas obtenidas se guardaron en fundas plásticas hasta ser utilizadas en las pruebas posteriores.

3.2.3.2 Rendimiento de harina de papa precocida.

Para determinar el rendimiento en base a la materia prima utilizada se aplicó la fórmula:

$$(\%)Rendimiento = \frac{Peso\ neto}{Peso\ bruto} \times 100$$

Donde:

Peso neto = peso final de harina obtenida

Peso bruto= peso inicial de la papa pelada sin cascara.

3.2.3.3 Diseño experimental rendimiento harina de papa.

Para la evaluación de rendimiento se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 3 tratamientos (periodo de almacenamiento), 9 unidades experimentales (5000 g de papa granel c/u) y 3 repeticiones por cada tratamiento, complementado con una prueba de Tukey al 5 % de confiabilidad.

3.2.3.4 Granulometría de harina pre cocida de papa obtenida

Del proceso de molienda sometido a las hojuelas de papa, se obtuvo una harina poco homogénea en cuanto al tamaño de partícula, siendo necesario el aplicar

un tamizado para separar y clasificar las harinas en base a este parámetro, para ello se utilizó tres tamices cuyos calibres se muestran en la tabla 8.

Tabla 8.

Tamices para clasificación de harinas por granulometría

Tamiz metálico	Luz de malla
A	1180 micras
B	500 micras
C	297 micras

3.2.4 Gelificación

3.2.4.1 Ensayo preliminar de gelificación

Se tomaron muestras de 10 g de harina obtenidas de papa con 90 días de almacenamiento para someterlas a hidratación con diferentes volúmenes de agua a temperatura ambiente, aplicando relaciones 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 y 1:5 de harina agua como tratamientos de hidratación con agitación manual mediante una cuchara metálica hasta que se disuelva toda la harina.

Se aplicó una prueba sensorial de textura en la cual se evaluó consistencia, estabilidad y humedad a las muestras obtenidas para seleccionar las harinas con la granulometría y volumen de agua de mayor aceptación de acuerdo al formato de evaluación de la figura 1.

Evaluación sensorial preliminar de textura de geles formados con harina de papa precocida.

Indicaciones:

Califique las características indicadas en base a la escala presentada en la parte inferior de la hoja, tomando en cuenta las especificaciones relacionadas a cada variable:

Consistencia: Formación de un cuerpo sólido, agradable al tacto y maleable

Estabilidad: Conservación de forma en un tiempo determinado

Humedad: Presencia de agua impregnada o libre en la masa.

MUESTRA	CONSISTENCIA	ESTABILIDAD	HUMEDAD
H1 G1 V1			
H1 G2 V1			
H1 G3 V1			
H1 G4 V1			

Escala:

Consistencia		Estabilidad		Humedad	
Gel blando	1	Inestable	1	Muy humedo	1
Gel semiblando	2	Poco estable	2	Humedo	2
Gel sólido	3	Estable	3	Seco	3
Gel compacto	4	Muy estable	4	Reseco	4

Figura 2. Evaluación preliminar de textura masas harina gelificadas

3.2.4.2 Determinación del grado de gelificación.

Con los resultados obtenidos en los ensayos preliminares, se procedió a trabajar únicamente con las harinas de granulometría seleccionada para determinar los grados de gelificación en los tres tipos de harina objetos de evaluación del presente trabajo.

Muestras de 30 g de cada tipo de harina con granulometría seleccionada, se sometieron a tratamientos de hidratación con agua potable (18°C) en relaciones 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 y 1:5 de harina agua, se aplicó agitación manual (100 rpm aproximados) con la ayuda de una cuchara metálica hasta disolver totalmente la

harina por 2 minutos, dejando reposar por 15 minutos para que se produzca la gelificación. Una vez obtenida la pasta gelificada se procedió a establecer su capacidad de desplazamiento mediante la medición de la distancia recorrida en un tiempo de 10 segundos en el consistómetro de Bostwick.

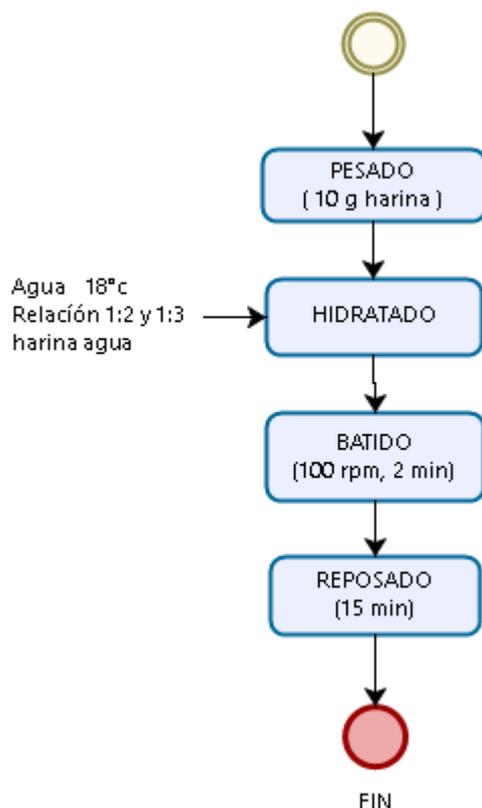


Figura 3. Flujograma gelificación harina de papa

3.2.4.3 Diseño experimental grados de gelificación.

Para analizar los datos obtenidos respecto a la viscosidad, se aplicó un diseño experimental de Bloques completos al Azar con arreglo factorial 3 x 5; 3 tipos de harina con granulometría determinada obtenida a partir de materia prima con distinto periodo de almacenamiento, 5 diferentes volúmenes de agua añadida para hidratación y 3 repeticiones, Posteriormente se aplicó la prueba de Tukey al 5% de confiabilidad.

Complementariamente se replicó la prueba sensorial según el formato de la figura 4 para identificar los tratamientos que presentaron mejores características físicas y sensoriales al tacto respecto a la formación de una estructura gelificada con una textura maleable, consistente y permanente, mismas que fueron sometidas a un ensayo de penetrabilidad mediante el uso del equipo penetrómetro para obtener otro dato cuantificable que permita establecer un nuevo parámetro de evaluación comparativa respecto a la fuerza (Newtons) necesaria para penetrar el material estudiado.

Evaluación sensorial de textura de geles formados con harina de papa precocida.

Indicaciones:

Identifique con la letra respectiva (Código) a cada muestra en base a su criterio de semejanza de textura con el alimento referenciado en la parte inferior de la hoja. A continuación, califique el porcentaje de semejanza de acuerdo a la escala proporcionada.

MUESTRA :	H1G4V1	H1G4V2	H1G4V3	H1G4V4	H1G4V5
Codigo alimento					
% semejanza					

MUESTRA :	H2G4V1	H2G4V2	H2G4V3	H2G4V4	H2G4V5
Codigo alimento					
% semejanza					

MUESTRA :	H3G4V1	H3G4V2	H3G4V3	H3G4V4	H3G4V5
Codigo alimento					
% semejanza					

Alimento	Código	% de semejanza
Colada	C	1 -25
puré	P	26-50
Flan	F	51-75
Gelatina	G	76-100
Ninguno	N	

Figura 4. Evaluación de textura masas harina gelificadas

Para el análisis de valores de penetrabilidad se aplicó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar con arreglo factorial 3 x 2; donde, 3 representa los tres tipos de harina de estudio y 2, los volúmenes de agua utilizada para hidratación. De igual manera se generaron tres repeticiones y una prueba de Tukey al 5 % de confiabilidad.

3.2.5 Capacidad de retención de agua

Los mejores tratamientos de gelificación identificados, fueron replicados con 30 g de harina y sometidos a un ensayo gravimétrico para establecer la capacidad de retención de agua una vez formada la masa gelificada, realizando comparaciones de pesos iniciales, pesos finales de las masas y volumen de agua liberada a las 24, 48, 72 y 96 horas de mantenerse en refrigeración (5 °C).

Se utilizó recipientes sellados en la parte superior para evitar evaporaciones, con perforaciones en la base de los mismos para permitir la recolección del agua liberada en otro recipiente acoplado a la parte inferior. Para prevenir la acumulación de líquidos en la base del recipiente superior que pueda afectar la estabilidad y estructura de la muestra en estudio; se adicionó una lámina de papel filtro en la base para asegurar el paso únicamente de agua sin restos de harina.



Figura 5. Recipientes para recolección de agua liberada

3.2.5.1 Diseño experimental capacidad retención de agua

Con las diferencias de peso calculadas a las 96 horas, se aplicó un Diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo factorial 3 x 2: tres tipos de harina con misma granulometría seleccionada, dos volúmenes de agua de hidratación con mejores resultados previos y con 3 repeticiones, complementada con la respectiva prueba de medias Tukey al 5% de confiabilidad.

3.2.6 Análisis de costo beneficio producción de harina.

Para realizar el análisis se tomó en cuenta los costos de: materia prima, energía eléctrica, gas industrial, agua y mano de obra como principales componentes del proceso de obtención de la harina con mejores características en cuanto al grado de gelificación y retención de agua

Los cálculos de consumo de energía eléctrica se basaron en las especificaciones del secador de bandejas y el molino, para el agua se tomó el costo del metro cubico de agua potable, la mano de obra aplicó valor del sueldo básico vigente y la materia prima el precio por quintal de la materia prima adquirida.

Se elaboró una matriz con los costos referenciales y los valores de consumo, dividiendo el total obtenido para la cantidad de harina obtenida en base al rendimiento promedio alcanzado.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Harina de papa

4.1.1 Caracterización del proceso de obtención

El proceso propuesto y aplicado gira entorno a la obtención de harina a partir de la cocción de tubérculo para su posterior deshidratación y molienda, obteniendo un producto digerible gracias a la cocción sometida a la materia prima. Entre los parámetros de relevancia a tomar en cuenta para alcanzar porcentajes de rendimiento beneficioso se encuentran: la sanidad del tubérculo, pues el manejo de materia prima con defectos ocasiona la pérdida de material en el proceso de pelado, donde se puede perder producto al intentar desmembrar o eliminar zonas afectadas. La papa picada en cubos de 2 cm aproximadamente permite reducir el tiempo y alcanzar una homogeneidad en la cocción en relación a un proceso con papa entera. La obtención de puré se facilita cuando se ha alcanzado una cocción homogénea de los cubos de papa, pues el esfuerzo mecánico a aplicar se reduce, mientras que con papa entera se requiere mayor presión dejando gránulos de papa sin alcanzar una completa reducción complicando el laminado y secado. El laminado del puré presentó limitaciones en su manipulación para el formado, pues mientras se mantiene caliente adquiere una textura gomosa pegajosa, mientras que al enfriarse se vuelve quebradiza e inestable, sin embargo, la manipulación en caliente presenta mejores condiciones para el laminado. El sacado depende del equipo en cuanto a su capacidad y potencia, además del grosor y humedad del producto. El equipo utilizado presentó una capacidad de 5000 g de puré húmedo en láminas de 50 x 50 cm y 3 mm de grosor con un tiempo promedio de 24 horas por lote, al manejar láminas con grosor superior a los 3 mm se extendió el tiempo por encima de 48 horas de exposición. Tras el proceso de molienda de las hojuelas deshidratadas de papa, se obtuvo una harina con distintos niveles granulométricos, debiendo repetir el proceso de molienda para alcanzar un mayor nivel de homogeneidad en procura de alcanzar un tamaño de partícula fina por debajo de 297 micras. El tamizado

se aplicó para separar de manera los distintos tipos de harina según el tamaño de partícula, pues el proceso de molienda no permitió obtener una granulometría única.

Las características y parámetros establecidos para cada una de las etapas involucradas en el proceso de obtención de harina se detallan en la tabla 9.

Tabla 9.

Caracterización proceso obtención harina papa precocida

ETAPA	OBJETIVO	ACTIVIDAD	PARAMETROS
RECEPCIÓN	Abastecimiento de materia prima	Recepción de papa con revisión de estado sanitario y daño físico.	% de plagas : 0 % papas maltratadas: 0
LAVADO	Eliminación de tierra o materiales adheridos al tubérculo.	Inmersión del producto en recipiente con agua limpia sin productos químicos. Limpieza el tubérculo con frotación y movimiento giratorio.	% de residuos adheridos: 0
PELADO	Retirar cascara	Separar la cascara mediante el uso de cuchillos o herramientas con filo	Perdida < = al 30% de materia vegetal
TROCEADO	Reducir el tamaño de la papa para cocción homogénea.	Picar las papas peladas con una herramienta con filo mediante cortes laterales y transversales.	Dimensión de trozos: 2 cm ²
COLADO	Eliminar agua no evaporada	Retirar el recipiente de la cocina y vaciar el contenido	Agua eliminada : 100%

	durante cocción	sobre un colador para retener papa cocida y eliminar agua sobrante.	
APLASTADO	Obtener una masa homogénea de papa cocida	Colocar la papa cocida en un aplastador para obtener puré o reducirla mediante el uso de una herramienta adecuada con aplicación de fuerza y movimientos de fricción giratorios.	Presencia de gránulos de papa: 0 %
LAMINADO	Formar láminas de puré de papa de dimensiones y un grosor definido	Entre dos láminas de silicón colocar una porción de puré caliente y estirar con la ayuda de un rodillo para panadería extendiendo de forma homogénea.	Grosor de lámina: 3mm Dimensiones lamina (según dimensiones bandeja del secador): 50 x 50 cm. Cantidad aproximada de puré por lamina (según capacidad bandeja del secador): 850 g
SECADO	Eliminar agua y obtener hojuelas de papa deshidratada	Introducir bandejas con lamina de puré en secador	Tiempo: 24 h Temperatura: 53-65 °C Humedad producto final: 15 %
MOLIDO	Obtención de harina	Someter hojuelas de papa deshidratada al molino de disco	Gránulos < 1180 micras

TAMIZADO	Separación de harina según tamaño de granulo	Pasar harina por tamices metálicos de 1180, 500 y 297 micras de calibración	Tamaño de partícula a obtener: ≤ 297 micras
EMPACADO	Almacenado y conservación de harina	Depositar harina en fundas de polipropileno y sellarlas	

4.1.2 Flujograma

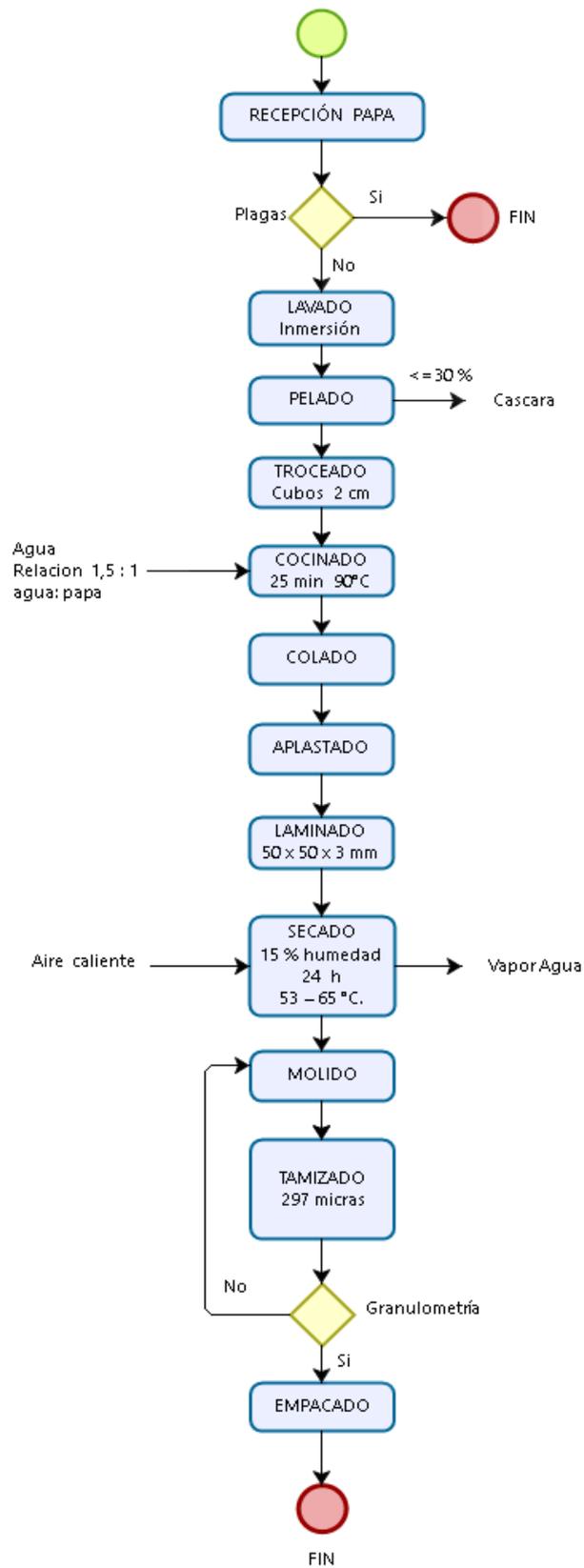


Figura 6. Flujograma obtención harina precocida de papa.

4.1.3 Rendimiento

De forma general, tras someter las muestras de papa al proceso de obtención definido, se obtuvo harinas con un rendimiento entorno al 19 % respecto a la cantidad de materia prima sin cascara utilizada, los valores de rendimiento específico para cada tipo de harina se detallan en la tabla 10.

Tabla 10.

Rendimiento harina de papa precocida.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO HARINA (%)
Papa 90 días almacenamiento	18,04
Papa 60 días almacenamiento	18,50
Papa 15 días almacenamiento	19,03

Tabla 11.

Análisis de varianza rendimiento de harina papa precocida

Fuente	Suma	Grados	Cuadrados		
Variación	Cuadrados	libertad	Medios	F	p-valor
Modelo	3.646,79	2	1.823,4	6,48	0,0317
HARINA	3.646,79	2	1.823,4	** 6,48	0,0317
Error	1.687,54	6	2.81,26		
Total	5.334,33	8			

*Nota: ** Significativo al 5%*

De los resultados se rechaza la hipótesis nula, misma que establece que el periodo de almacenamiento de papa no influye en el rendimiento de harina obtenida, pues el valor obtenido de p: 0,0317 es inferior al valor de significancia:0,05, por tanto, estadísticamente existen diferencias significativas.

Tabla 12.

Prueba Tukey rendimiento de harina papa precocida

HARINA	Medias	N	E.E.		
H1	902,06	3	9,68	A	
H2	925,20	3	9,68	A	B
H3	951,34	3	9,68		B

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba indica que la harina derivada del almacenamiento de 90 días y la de 15 días presenta diferencias estadísticamente significativas entre sí, mientras que el rendimiento de la harina con 60 días se mantiene por niveles intermedios entre la de 90 y 15 días sin presentar diferencias significativas respecto a ellas.

Según lo referenciado por Sánchez (2003), el porcentaje de materia seca en la papa bordea el 25%, por tanto, el rendimiento de harina obtenido para los tres tipos de papa al ubicarse en torno a este porcentaje es valedero tomando en cuenta la eliminación de la cascara y las mermas en la obtención del puré y molienda. Estadísticamente se evidencia una diferencia de rendimiento entre las papas en base al periodo de almacenamiento, pues, las principales afectaciones durante el almacenamiento poscosecha según Booth & Shaw (1981) son la pérdida de humedad por la transpiración y entre el 1 al 2 % de materia seca transcurrido el primer mes, porcentaje que se ubica en 0,8% durante los meses posteriores, lo cual se evidenció en el peso y los grados de encogimiento y marchitamiento que presentaron los tubérculos al inicio del proceso a pesar de las dimensiones similares de las muestras trabajadas tal como lo referencia Pumisacho & Sherwood (2002), por tanto se considera consecuente la diferencia de rendimiento de harinas.

Los resultados del análisis de varianza aplicado a la variable rendimiento, determinaron diferencias entre los tipos de harina estudiadas, siendo la papa con 15 días de almacenamiento la que mayor rendimiento presento con 19,03 %, mientras que la prueba de Tukey para la variable harina (tiempo de

almacenamiento) determina que mientras más tiempo permanezca almacenada la papa, su rendimiento se verá disminuido.

4.1.4 Granulometría

Para el proceso de moliendo se utilizó un molino de disco doméstico, el cual somete al producto a una fuerza de fricción entre dos superficies dentadas en movimiento, el cual no logró alcanzar un tamaño homogéneo de partícula a pesar de calibrarlo para la medida mínima y repetición el proceso derivando en la obtención de una harina con una granulometría heterogénea, considerando necesario realizar un tamizado para separar y obtener harinas con un tamaño granular más homogéneo que se asemeje a los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 616 para ser considerada como harina, los tamaños de partícula y porcentajes obtenidos se detallan en la figura 6 y tabla 13 respectivamente.

MUETRA G1	MUESTRA G2	MUESTRA G3	MUESTRA G4
			
> 1180 micras	1180 micras	500 micras	297 micras

Figura 7. Harinas clasificadas por granulometría.

Tabla 13.

Porcentaje de harina según granulometría

TIPO HARINA	TAMIZ	PORCENTAJE OBTENIDO
G1	>1180 micras:	6,52 %
G2	1180 micras:	62,51 %
G3	500 micras:	16,27 %
G4	297 micras:	12,40 %

Según Riad (2017) para la obtención de harinas finas con una granulometría homogénea la industria harinera utiliza molinos de rodillo que giran en sentido contrario con distintas velocidades uno del otro aplicando una fuerza e compresión del material al pasar entre ellos. Por tanto, el bajo rendimiento de harina fina obtenida se atribuye al equipo utilizado.

4.2 Determinación del grado de gelificación

4.2.1 Ensayo preliminar de gelificación

Las muestras de harina de papa con distinto tamaño de partícula obtenidas tras el proceso de molienda, se sometieron a distintos tratamientos de hidratación (figura 7), identificando a la harina con una granulometría 297 micras hidratadas con una relación 1:2 y 1:3 de harina agua, como los mejores tratamientos para obtener una masa gelificada consistente, estable y un nivel de humedad aceptable sensorialmente al tacto. En base a estos resultados, se escogió estos tratamientos como patrones para las pruebas definitivas con los tres tipos de harina en estudio, dejando de lado las harinas con granulometría superiores al tamaño referenciado.

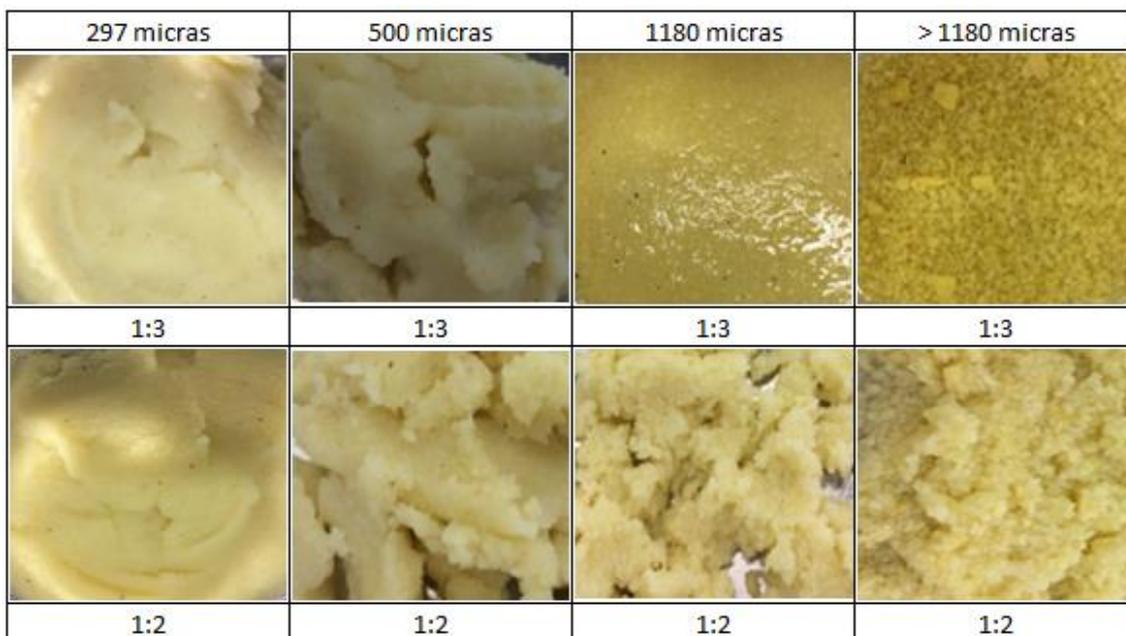


Figura 8. Muestras preliminares de masas gelificadas

4.2.2 Determinación de grado de gelificación

Del diseño experimental aplicado a los tres tipos de harina (distinto periodo de almacenamiento de materia prima) con 297 micras de granulometría (seleccionada en ensayo preliminar) e hidratación en relaciones 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5 harina agua, se cuantificó valores de desplazamiento en un tiempo determinado de las masas gelificadas mediante el viscosímetro de Bostwick, valores de penetrabilidad mediante uso de un penetrómetro y porcentajes de semejanza a un gel comercial mediante una prueba sensorial.

H1	T1 1:1	T2 1:2	T3 1:3	T4 1:4	T5 1:5
R1					
R2					
R3					

Figura 9. Diseño experimental gelificación



Figura 10. Medición del desplazamiento en consistometro de Bostwick.

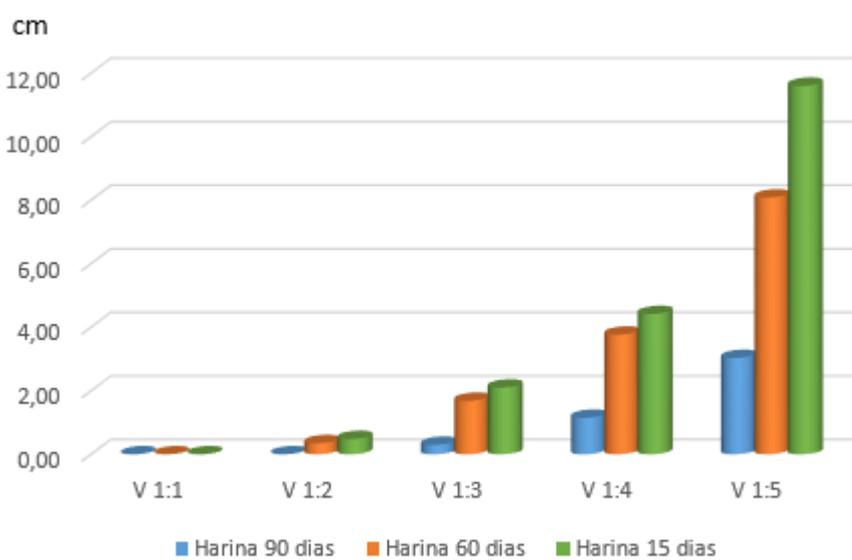


Figura 11. Desplazamiento de masas de harina de papa precocidas

Los resultados obtenidos referentes al desplazamiento, mostraron que; las relaciones 1:1 formaron masas arenosas resacas sin capacidad de desplazamiento, las relaciones 1:2 y 1:3 mostraron un lento y limitado movimiento, mientras que las relaciones 1:4 y 1:5 alcanzaron un desplazamiento más extenso con mayor fluidez.

Tabla 14.

Análisis de varianza desplazamiento de masas papa gelificada

Fuente variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrados medios	F	p-valor
Modelo	486,28	16	30,39	14,99	<0,0001
BLOQUE	4,16	2	2,08	1,03	0,3715
HARINA	61,98	2	30,99	**15,28	<0,0001
AGUA	347,22	4	86,8	**42,81	<0,0001
HARINA*AGUA	72,92	8	9,12	4,5	0,0013
Error	56,77	28	2,03		
Total	543,05	44			

Nota: ** **Significativo al 5%**

La hipótesis nula planteada para el grado de gelificación establece que el periodo de almacenamiento de papa no influye en esta propiedad, lo cual, según los resultados del análisis de varianza se descarta, ya que el valor obtenido de p : < 0,0001 es inferior al valor de significancia 0,05; por tanto, estadísticamente existen diferencias significativas.

Tabla 15.

Prueba Tukey desplazamiento de masas papa gelificada

HARINA	Medias	n	E.E.	
H3	3,72	15	0,37	A
H2	2,78	15	0,37	A
H1	0,9	15	0,37	B

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba refleja que las harinas derivadas de papa con almacenamiento de 60 y 15 días formaron masas gelificadas con un comportamiento viscoso similar en todas las muestras y relaciones de agua aplicadas, mientras que la proveniente de papa con 90 días de almacenamiento formo masas con menos capacidad de desplazamiento.

La prueba sensorial de las muestras de masa gelificada, tomando la textura de una gelatina comercial como el 100% de grado de gelificación, permitió generar una escala para referenciar el porcentaje de gelificación para las distintas muestras analizadas, resultados que se detallan en la tabla 16.

Tabla 16.

Grado de gelatinización de harinas de papa precocidas

TRATAMIENTOS	GRADO GELATINIZACIÓN
Harina 60 días 297 micras+ agua relación 1:2 (H2G4V2)	90%
Harina 15 días 297 micras + agua relación 1:2 (H3G4V2)	80%
Harina 90 días 297 micras + agua relación 1:2 (H1G4V2)	76%
Harina 60 días 297 micras + agua relación 1:3 (H2G4V3)	60%
Harina 15 días 297 micras + agua relación 1:3 (H3G4V3)	55%
Harina 90 días 297 micras + agua relación 1:3 (H1G4V3)	51%

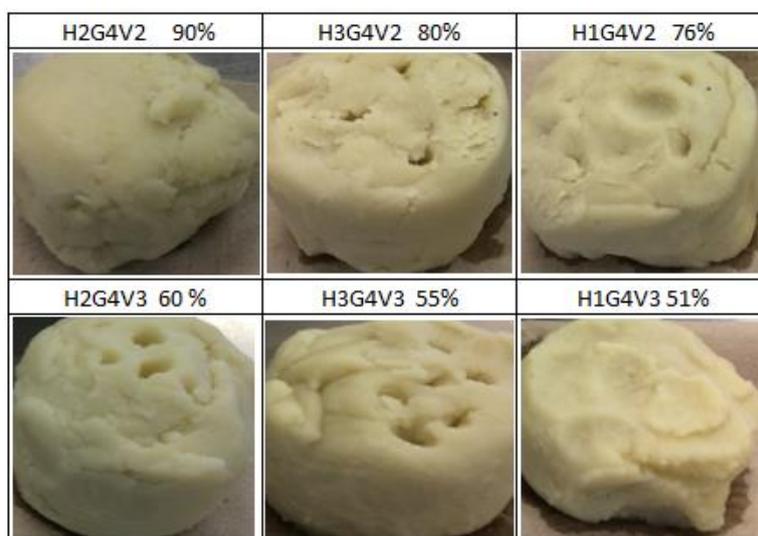


Figura 12. Masas de harina de papa precocida gelificadas.

Basados en los valores de viscosidad y las evaluaciones sensoriales, la harina obtenida de papa con 60 días de almacenamiento presenta mejores propiedades gelificantes en comparación a los otros dos tipos de harina.

Tabla 17.

Análisis de varianza penetrabilidad harina gelificada

Fuente variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrados medios	F	p-valor
Modelo	5,22	7	0,75	82,32	<0,0001
BLOQUE	0,01	2	0,0032	0,36	0,7094
HARINA	0,08	2	0,04	ns 4,18	0,048
AGUA	4,83	1	4,83	** 533,23	<0,0001
HARINA*AGUA	0,31	2	0,15	16,98	0,0006
Error	0,09	10	0,01		
Total	5,31	17			

Nota: ** Significativo al 5 % m, ns no significativa

El resultado del análisis de varianza para la penetrabilidad, respecto al tipo de harina, refleja una ligera diferencia pues p: 0,048 es prácticamente igual al valor de significancia 0,05; por tanto, estadísticamente se puede aseverar que no existen diferencias significativas.

Tabla 18.

Prueba Tukey penetrabilidad respecto a la harina

HARINA	Medias	n	E.E.
H1	0,95	6	0,04 A
H2	0,92	6	0,04 A
H3	0,8	6	0,04 A

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba indica que las masa gelificadas de los tres tipos de harina presentan similar comportamiento frente a la fuerza de penetración, ratificando el resultado del análisis de varianza.

El grado de gelificación de las harinas de papa precocida se encuentra vinculado al tipo de almidones y los tratamientos expuestos a los mismos durante el proceso de obtención. Al someter las papas a cocción los almidones sufrieron un proceso de pre gelificación, provocando una modificación física en su estructura, que permitió trabajar en la formación de geles utilizando hidratación con agua fría (18°C) sin necesidad de incrementar la temperatura, lo cual ratifica lo expuesto por Delcour & Honesey (2010) sobre los beneficios de realizar una pre gelificación transformando un almidón nativo en un almidón modificado. La molienda de igual manera complementó la transformación del almidón al fragmentar los granulos de almidón pregelificados y generar un porcentaje de almidón dañado que facilitó la capacidad de absorción de agua y la formación de masas gelificadas tal como lo detalla Kohli & Martino (1997).

En base a los tratamientos expuesto a los granulos de almidón de la papa claramente se evidenció que la harina más fina (297 micras) absorbió eficazmente el agua añadida respecto al resto de tamaño de partícula más gruesa, pues al haber sido producto de la aplicación de mayor fuerza mecánica para reducir su tamaño, se generó mayor grado de almidón dañado otorgándole mejor capacidad de absorción de agua, que se ubicó en un 200 y 300 % tal como lo detalla Barrera (2014). Este comportamiento se obtuvo de forma similar con harina de 297 micras de las tres harinas precocidas en estudio; H1, H2 y H3, razón por la cual se establece la necesidad de obtener harinas con el tamaño de partícula más reducida posible.

La harina derivada de papa con 60 y 15 días de almacenamiento (H2 y H3) con micraje de 297 formaron masas gelificadas con características de textura similares, especialmente en lo relacionado a su viscosidad, más no así la harina procedente de papa con 90 días de almacenamiento (H1), lo cual se puede atribuir a las variaciones en los porcentajes de amilosa y amilopectina de su constitución sufridas durante el periodo de almacenamiento más prolongado, pues según Delcour & Honesey (2010) la gelificación se comprende como la

formación de una estructura similar a un gel, por la formación de una red tridimensional de enlaces intermoleculares de hidrogeno por parte de las moléculas de amilosa que retienen el agua absorbida, por ello se podría asumir que este tipo de harina contenía mayor porcentaje de amilosa que amilopectina, reteniendo mayor cantidad de agua lo cual formo una estructura más compacta sin capacidad de desplazamiento.

Las pruebas de penetrabilidad no apporto información de relevancias para determinar mejores características de textura de las masas gelificadas seleccionadas de los tres tipos de harina, pues las mediciones realizadas no difirieron entre ellas, esto pudo ser derivado de la falta de técnica para manipulación del equipo o por la naturaleza del material bastante blando por lo cual el equipo utilizado no fue el adecuado.

4.3 Determinación de capacidad de retención de agua

Muestras de las masas con mayor grado de gelificación identificadas (harinas con tamaño de partícula de 297 micras y tratamientos de hidratación 1:2 y 1:3 harina agua) se depositaron dentro de recipientes sellados con papel aluminio y cinta adhesiva y se mantuvieron a temperatura de refrigeración (5°C) por los periodos de tiempo establecidos (24, 48, 72 y 96 horas) en un refrigerador designado exclusivamente para este ensayo, abriéndolo exclusivamente en los tiempos indicados para realizar la toma de pesos y volumen de agua liberados. Las mediciones promedio de tres repeticiones obtenidas se reflejan en la tabla 19.

Tabla 19.

Diferencia de peso y agua liberada de harina gelificada

Muestra	Peso Inicial	Pesos finales (g)				Diferencia peso g	Agua recolectada g
		24	48	72	96		
		horas	horas	horas	horas		
H1G4V2	88,30	88,26	88,02	87,40	85,21	3,09	0,00
H1G4V3	115,87	115,23	114,10	113,21	91,62	24,25	19,66
H2G4V2	86,72	86,34	86,30	86,12	85,89	0,83	0,00
H2G4V3	110,92	109,84	108,72	104,04	99,98	10,94	6,06
H3G4V2	87,08	87,03	86,99	86,53	85,84	1,24	0,00
H3G4V3	115,23	115,18	113,29	107,63	100,56	14,67	10,23

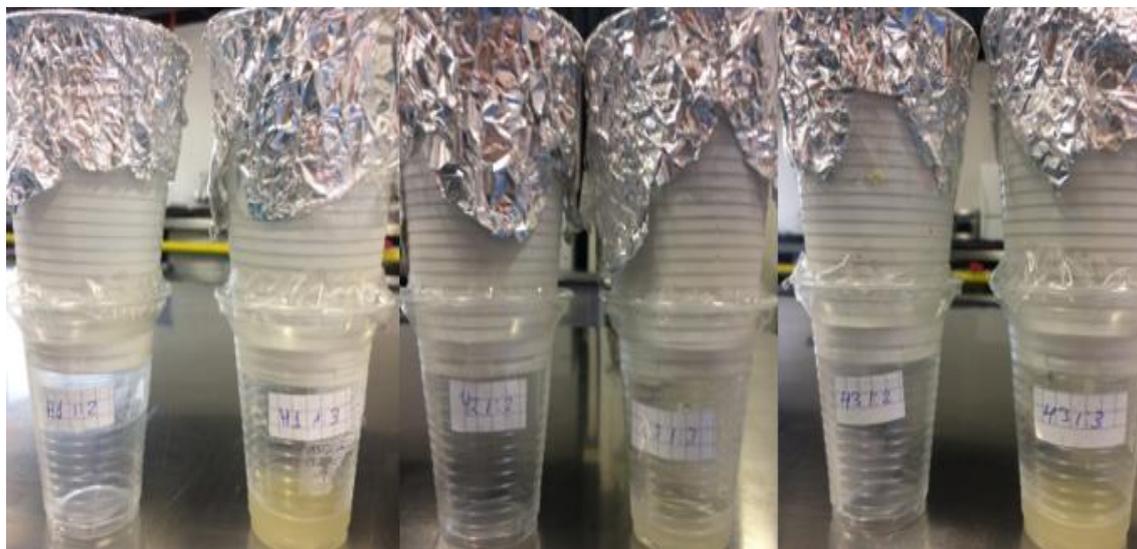


Figura 13. Agua liberada de masas gelificadas

Tabla 20.

Análisis de varianza retención de agua

Fuente variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrados medios	F	p-valor
Modelo	1179,93	7	168,56	409,84	<0,0001
BLOQUE	2,36	2	1,18	2,87	0,1
HARINA	183,12	2	91,56	222,62	<0,0001
AGUA	896,76	1	896,76	2180,4	<0,0001
HARINA*AGUA	97,69	2	48,84	118,76	<0,0001
Error	4,11	10	0,41		
Total	1184,04	17			

Nota: ** Significativo al 5 %

Se rechaza la hipótesis nula que plantea que los tres tipos de harina retienen la misma cantidad de agua, esto como interpretación del resultado del análisis de varianza, donde el valor de p: <0,0001 es menor al valor de significancia 0,05; por tanto, estadísticamente existen diferencias significativas al 5%.

Tabla 21.

Prueba Tukey retención de agua respecto a la harina

HARINA	Medias	n	E.E.	
H1	13,12	6	0,26	A
H3	7,47	6	0,26	B
H2	5,63	6	0,26	C

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba ratifica la diferencia entre harinas respecto a su capacidad de retención de agua.

Tabla 22.

Prueba Tukey retención de agua, interacción harina: agua

HARINA	AGUA	Medias	n	E.E.	
H1	3	23,36	3	0,37	A
H3	3	13,67	3	0,37	B
H2	3	10,36	3	0,37	C
H1	2	2,88	3	0,37	D
H3	2	1,27	3	0,37	D E
H2	2	0,89	3	0,37	E

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Los tratamientos con relación 1:3 harina agua, presentan marcada diferencia entre ellos. Los de relación 1:2 no presentan diferencias significativas entre la harina de 15 días comparada con la de 60 y 90 días. Si se presenta diferencias entre las harinas de 60 y 90 días.

La hidratación en relaciones 1:2 y 1:3 harina agua escogidas por la formación de masas gelificas de mejores características de textura, arrojaron resultados totalmente diferentes entre ellas para los tres tipos de harina en estudio, pues para los tres casos en la relación 1:2 no se evidenció liberación de agua cuantificable de forma directa a pesar de la mínima diferencia de peso final de las masas en estudio registradas. En el caso de la relación 1:3 si hubo liberación de agua en su mayor volumen tras un periodo de 36 horas de reposo en los tres tipos de harina, pero con claras diferencias en la cantidad liberada de agua entre ellas. Se determinó que la harina H3 (papa 90 días de almacenamiento) libero mayor cantidad de agua, seguida de la harina H1 (15 días de almacenamiento) y la H2 (60 días de almacenamiento) en menor cantidad.

Estos resultados se atribuyen a la retrogradación de la amilosa presente en los gránulos de almidón, pues al tener capacidad de retomar su estructura cristalina tras un proceso de gelatinización, al transcurrir el tiempo la recristalización aumentó destruyendo la red que retenía al agua provocando su exudación, proceso explicado por Gil (2010), Entonces, este fenomeno tambien se

encuentra determinado por los niveles de amilosa contenidos en el almidón, pues según Díaz (2010), almidones con concentraciones superiores al 23% presentan altos niveles de retrogradación, mientras que con porcentajes inferiores de amilosa, se genera mayor viscosidad y baja capacidad de retrogradación.

Por las diferencias de retención de agua presentadas entre los tres tipos de harina estudiadas, se puede de igual forma atribuir a posibles afectaciones internas en la estructura de almidón provocadas por el periodo de almacenamiento, alteraciones que también podrían determinar en la cantidad de agua capaces de absorber y retener, tal como se evidencio en las relaciones 1:2 que al parecer es la capacidad óptima para absorber y retener, mas no así en las relaciones 1:3 que a pesar de tener la capacidad de absorber no presentaron misma capacidad de retención

4.4 Análisis costo beneficio de la producción de harina

Los costos vigentes de agua, energía eléctrica, mano de obra y materia prima, conjuntamente con los valores utilizados para la obtención de harina se detallan en la tabla 23, tomando en cuenta el consumo de energía del secador de 2 kWh, y 250 wh para el molino.

El costo de producción en laboratorio de 1 kilogramo de harina alcanza los 24 dólares, tomando en consideración los costos más representativos del proceso propuesto y equipos utilizados para la obtención, en tales circunstancias, para una baja escala no se presenta viable, tomando en referencia el precio de comercialización de harina de trigo cuyo precio de venta al público a la fecha se encuentra en 2,50 dólares el kilogramo.

Tabla 23.

Costo de producción harina de papa precocida en laboratorio

Materia prima	Precio referencial	Precio	Consumo	Total	
Papa	0,18 usd/Kg	0,0001800 usd/g	5.000,00 g	0,900	usd
Agua potable	0,60 usd/m ³	0,0000006 usd/g	7.500,00 g	0,005	usd
Gas industrial	0,88 usd/kg	0,8800000 usd/kg	0,50 kg	0,440	usd
Eléctricidad secador	0,09 usd/kWh	0,0900000 usd/kWh	24,00 kWh	2,160	usd
Energía eléctrica molino	0,09 usd/kWh	0,0900000 usd/kWh	0,25 kWh	0,023	usd
Mano de obra	386 usd SB	2,4125000 usd/hora	5,00 h	12,063	usd
Total costos				15,59	usd
Rendimiento de harina 297 micras (19%)				665,00	g
Costo producción harina en laboratorio (dólares/gramo)				0,02	usd/g
Costo 1 kg de harina precocida en laboratorio				23,44	usd/kg

El principal factor a considerar es el rendimiento de harina que representa el 13% del valor en fresco tomando en cuenta el material perdido en el pelado. Para este estudio el quintal de papa se adquirió en 18 dólares, en base al rendimiento obtenido equivaldría a 1,35 dólares por kilogramo de harina, valor al que se suman los costos de producción respectivos de acuerdo al equipamiento y capacidades, lo cual necesariamente encarece el producto.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La metodología propuesta para la obtención de harina precocida presenta cuatro etapas de mayor relevancia: pelado, cocido, secado y molido. Durante el pelado se elimina un alto porcentaje de materia prima, porcentaje que tiende a elevarse mientras más blando se encuentra el tubérculo, presentando mayor dificultad para el proceso, por tanto, el periodo de almacenamiento se encuentra vinculado a esta primera etapa pues además de afectar la parte física, influye en la composición al reducir el porcentaje de materia seca aprovechable, afectando el rendimiento final de la harina.

El cocido, a más de favorecer la digestividad del alimento, permite otorgar a los almidones de la harina un grado de pre gelatinización, proporcionando características de aprovechamiento para su uso o aplicación industrial.

El secado, la eficiencia de este proceso radica en las características del equipo utilizado y el porcentaje de humedad en el producto final alcanzado.

El molido llega a determinar en gran medida los niveles de captación y retención de agua, esto debido al porcentaje de almidón dañado que se puede generar tras la aplicación de fuerzas de fricción o compresión necesarias para la obtención de la harina.

Respecto al grado de gelificación, se concluye que harinas de papa precocida con tamaño de partícula igual o inferiores a 297 micras presentarían mejores propiedades para la formación de masas gelificadas, pues al ser obtenidas mediante procesos de molienda con mayor esfuerzo mecánico para reducir y obtener las partículas del tamaño referenciado, se genera mayor porcentaje de almidón dañado que favorece la capacidad de absorción de agua, complementado con la pre gelatinización del almidón provocada durante la cocción de la materia prima.

La capacidad de retención de agua, respecto al método aplicado, de igual manera se encuentra vinculada al porcentaje de almidón dañado obtenido en la molienda y la pre gelatinización sometido en la cocción, sin embargo, estas características dependerán de la composición de amilosa y amilopectina concentradas en el grano de almidón de la materia prima, composición que también tiende a ser afectada por el transcurso del tiempo y condiciones de almacenamiento.

Al trabajar con el mismo material vegetal, aplicar el mismo proceso con mismos parámetros de obtención y manejando el periodo de almacenamiento poscosecha como única variable, se establece que el tiempo de almacenaje de la materia prima puede provocar alteraciones en la calidad de la misma, afectando no solo la parte física sino también la composición estructural de los almidones, nutrientes y demás componentes, por ende afectando necesariamente sus propiedades reológicas, pues las diferencias presentadas en las características de textura y capacidad de retención de agua de las harinas tras la formación de masas gelificadas, pueden estar determinadas por la pérdida de materia seca y porcentajes de amilosa y amilopectina contenidas en los gránulos de almidón.

Finalmente, el costo de producción de harina de papa precocida a bajo nivel se muestra elevado en comparación al resto de harinas presentes en el mercado, más aún considerando el rendimiento de harina de papa respecto a su materia prima entorno al 19% contra el 70% promedio del trigo, por tanto, para su producción debería considerarse una escala industrial de tal forma que por manejo de altos volúmenes se alcance precios competitivos.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda replicar los ensayos realizados con materias obtenidos de zonas de mayor producción de papa del país, que permita ratificar o determinar posibles nuevas variables o factores que afecten los resultados.

El proceso de secado y molido deberían ser realizados en equipos de mayor eficiencia, esto para reducir los tiempos de secado y la obtención de mayor rendimiento de harina con la granulometría adecuada.

A fin de ratificar las conclusiones, respecto a las posibles diferencias estructurales de las harinas provocadas por el periodo de almacenamiento, se recomienda realizar análisis y caracterización de los gránulos de almidón de la materia prima previo a su procesamiento para determinar su composición en cuanto a amilosa y amilopectina.

Se viabiliza la necesidad de realizar el mismo estudio con harina de papa cruda, para establecer un comparativo de resultados con miras a encontrar mejores alternativas de aprovechamiento de la materia prima y eficacia de procesos.

En cuanto a los costos de producción por tratarse de un producto alternativo con potencial de aplicación, se tendría que considerar un análisis más profundizado y detallado de producción a escala industrial.

REFERENCIAS

- Aristizabal , J., y Sanchez, T. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidon de yuca*. Roma, Italia: Fao.
- Barrera, G. (2014). *Efecto del almidon dañado sobre las propiedades de las masas panarias y la calidad de los panificados*. Universidad Nacional de Córdoba. Recuperado el 20 de diciembre de 2018, de <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/1963>
- Booth, R. H., y Shaw, R. L. (1981). *Principios de Almacenamiento de Papa*. Montevideo, Uruguay: Hemisferios Sur.
- Centro Internacional de la papa. (2007). *Papa*. Recuperado el 20 de diciembre de 2018, de <https://cipotato.org/es/potato/>
- Consorcio Papa Chile SpA. (s.f.). *Almacenaje en los tuberculos*. Recuperado el 25 de diciembre de 2018, de <https://www.papachile.cl/almacenaje-en-los-tuberculos/>
- Delcour, J. A., y Honesey, R. C. (2010). *Principles of Cereal Science and Technolgy*. Saint Paul, Estados Unidos: ACC International Inc.
- Diaz, L. S. (2010). *Principios básicos de bioquímica de los alimentos*. La Serena: Universidad de la Serena.
- FAO. (2005). *Codex alimentarius, Norma codex para harina de trigo*. Roma, Italia : FAO.
- FAO. (2008). *Año Internacional de la papa, Usos de la papa*. Recuperado el 30 de noviembre de 2018, de <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/utilizacion.html>
- Garcia, M. (s.f.). *Universiad de Granada, Tecnologia de cereales*. Recuperado el 25 de diciembre de 2018, de <https://www.ugr.es/~mgroman/archivos/TC/mat.pdf>
- Gil, A. (2010). *Tratado de Nutrición, Composición y calidad nutritiva de los alimentos*. Madrid, España: Editorial Medica Panamericana.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2014). *INIAP TECNOLOGIA FICHA TECNICA PAPA*. Recuperado el 15 de

- diciembre de 2018, de <http://www.tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mraiz/rpapa>
- Instituto nacional de estadísticas y censos . (2016). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua (ESPAC)*. Quito, Ecuador: Inen.
- Intagri. (2017). *Requerimientos de Clima y Suelo para el Cultivo de la Papa. Serie Hortalizas. Núm. 10. Artículos Técnicos de INTAGRI, Mexico.3p*. Recuperado el 20 de noviembre de 2018, de <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-la-papa>
- Kohli, M. M., y Martino, D. L. (1997). *Explorando altos rendimientos de trigo*. Colonia, Uruguay: CIMMYT-INIA.
- Lewis , M. J. (1993). *Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado*. Zaragoza, España: Acribia.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2018). *Informe de rendimientos de papa en el Ecuador 2017*. Quito,Ecuador: MAG.
- Montaldo, A. (1984). *Cultivo y mejoramiento de papa*. San Jose: Levantex S.A.
- Monteros, A. (2016). *Rendimientos de papa en el Ecuador segundo ciclo 2015 (junio-noviembre)*. Quito. Recuperado el 20 de noviembre de 2018, de http://sipa.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimiento_papa.pdf
- Pumisacho , M., y Sherwood , S. (2002). *El cultivo de papa en el Ecuador*. Quito, Ecuador: Iniap y Cip.
- Pumisacho, M., y Velásquez, J. (2009). *Manual del Cultivo de papa para pequeños productores*. Quito: Iniap. Recuperado el 21 de noviembre de 2018, de http://nkxms1019hx1xmtstxk3k9sko.wpengine.netdna-cdn.com/wpcontent/uploads/Documentacion%20PDF/MANUALDECULTIVODEPAPAS_80.pdf
- Ramirez, J. S. (2006). *Introducción a la reología de alimentos*. Recuperado el 30 de noviembre de 2018, de https://www.researchgate.net/publication/259620275_Introduccion_a_la_Reologia_de_Alimentos

Riad, M. (2017). *Milling and Grain, Efecto del Almidón Dañado en los Productos Horneados*. Recuperado el 15 de diciembre de 2018, de <http://millingandgrain.co/efecto-del-almidon-danado-en-los-productos-horneados/>

Sanchez, C. (2003). *Cultivo y comercialización de papa*. Lima, Perú: Ripalme.

Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2015). *NTE INEN 616 cuarta revision 2015-01 Harina de trigo requisitos*. Quito, Ecuador: Inen.

ANEXOS

GLOSARIO

FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación
FAOSTAT	Servicio de estadísticas de la FAO
ESPAC	Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
DCA	Diseño Completamente al Azar
CIP	Centro Internacional de la Papa
P1	Periodo de 90 días de almacenamiento
P2	Periodo de 60 días de almacenamiento
P3	Periodo de 15 días de almacenamiento
G1	>1180 micras de tamaño de partícula
G2	1180 micras de tamaño de partícula
G3	500 micras de tamaño de partícula
G4	297 micras de tamaño de partícula
H1	Harina obtenida de papa con 90 días de almacenamiento
H2	Harina obtenida de papa con 60 días de almacenamiento
H3	Harina obtenida de papa con 15 días de almacenamiento
H1G4V2	Harina obtenida de papa con 90 días de almacenamiento, tamaño de partícula de 297 micras, volumen de agua relación 1:2
H1G4V3	Harina obtenida de papa con 90 días de almacenamiento, tamaño de partícula de 297 micras, volumen de agua relación 1:3
H2G4V2	Harina obtenida de papa con 60 días de almacenamiento, tamaño de partícula de 297 micras, volumen de agua relación 1:2
H2G4V3	Harina obtenida de papa con 60 días de almacenamiento, tamaño de partícula de 297 micras, volumen de agua relación 1:3
H3G4V2	Harina obtenida de papa con 15 días de almacenamiento, tamaño de partícula de 297 micras, volumen de agua relación 1:2
H3G4V3	Harina obtenida de papa con 15 días de almacenamiento, tamaño de partícula de 297 micras, volumen de agua relación 1:3

msnm	Metros sobre el nivel del mar
kWh	Kilovatio hora
Wh	Vatio hora
h	Hora
°C	Grados centígrados
g	gramos
mg	miligramos
Kcal	Kilocalorías
ml	Mililitro
mm	Milímetro
usd	Dólares americanos
t/ha	Tonelada por hectárea
usd/kg	Dólares por kilogramo
usd/m³	Dólares por metro cúbico
usd/g	Dólares por gramo
usd/kWh	Dólares por kilovatio hora
usd/h	Dólares la hora
N	Newton
SB	Sueldo básico vigente

