

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Tema: Influencia del pH del agua y tiempo de cocción sobre la textura, gelatinización y retrogradación de la papa (*Solanum tuberosum*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*) y melloco (*Ullucus tuberosus*).

Trabajo de Investigación, previo a la obtención del Grado Académico de Magíster en
Tecnología de Alimentos

Autora: Ingeniera Ximena Alexandra González Villalva

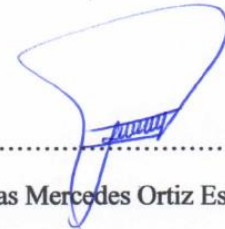
Directora: Ingeniera Mayra Liliana Paredes Escobar, Doctora

Ambato - Ecuador

Mayo - 2018

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidido por la Doctora Jacqueline de las Mercedes Ortiz Escobar, e integrado por las señoras Ingeniera Cecilia Mercedes Carpio Máster, Ingeniera Cristina Alexandra Arteaga Almeida Doctora, designados por la Unidad Académica de Titulación de Posgrado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Investigación con el tema: Influencia del pH del agua y tiempo de cocción sobre la textura, gelatinización y retrogradación de la papa (*Solanum tuberosum*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*) y melloco (*Ullucus tuberosus*), elaborado y presentado por la señorita Ingeniera Ximena Alexandra González Villalva, para optar por el Grado Académico de Magíster en Tecnología de Alimentos; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



.....
Dra. Jacqueline de las Mercedes Ortiz Escobar
Presidenta del Tribunal



.....
Ing. Cecilia Mercedes Carpio, M.Sc.
Miembro del Tribunal



.....
Ing. Cristina Alexandra Arteaga Almeida, Dra.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN


La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación presentado con el tema: **Influencia del pH del agua y tiempo de cocción sobre la textura, gelatinización y retrogradación de la papa (*Solanum tuberosum*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*) y melloco (*Ullucus tuberosus*)**, le corresponde exclusivamente a: Ingeniera Ximena Alexandra González Villalva, Autora bajo la dirección de la Ingeniera Mayra Liliana Paredes Escobar Doctora, Directora del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.



.....
Ingeniera Ximena Alexandra González Villalva

C.C. 180428989-8

AUTORA



.....
Ingeniera Mayra Liliana Paredes Escobar, Doctora

C.C. 050187395-4

DIRECTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.



.....
Ingeniera Ximena Alexandra González Villalva

C.C. 180428989-8

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada	i
A la Unidad Académica de Titulación.....	ii
Autoría del Trabajo de Investigación.....	iii
Derechos de Autor	iv
Índice General de Contenidos.....	v
Índice de Tablas y Gráficos	viii
Índice de Anexos.....	ix
Agradecimiento.....	xii
Dedicatoria.....	xiii
Resumen Ejecutivo	xiv
Executive Summary	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1 Tema de investigación	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.2.1 Contextualización	2
1.2.2 Análisis crítico.....	3
1.2.3 Prognosis	4
1.2.4 Formulación del problema.....	5
1.2.5 Interrogantes	5
1.2.6 Delimitación del objeto de investigación	5
1.3 Justificación	6
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Antecedentes investigativos.....	8
2.2 Fundamentación filosófica.....	10

2.3 Categorías fundamentales	10
2.3.1 Marco Conceptual variable independiente	12
2.3.1.1 Papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	12
a) Generalidades.....	12
b) Información Nutricional	13
2.3.1.2 Mashua (<i>Tropaeolum tuberosum</i>).....	13
a) Generalidades.....	13
b) Información Nutricional	14
2.3.1.3 Oca (<i>Oxalis tuberosa</i>).....	14
a) Generalidades.....	14
b) Información Nutricional	15
2.3.1.4 Melloco (<i>Ullucus tuberosus</i>).....	15
a) Generalidades.....	15
b) Información Nutricional	16
2.3.1.5 pH.....	16
2.3.1.6 Cocción.....	17
2.3.1.7 Cocción por ebullición.....	17
2.3.2 Marco Conceptual variable dependiente	18
2.3.2.1 Análisis de Perfil de Textura (TPA)	18
a) Dureza	20
2.3.2.2 Calorimetría	20
a) Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC).....	20
2.4 Hipótesis	20
2.5 Señalamiento de variables de la hipótesis.....	21
2.5.1 Variables independientes.....	21
2.5.2 Variables dependientes	21
CAPÍTULO III	22
METODOLOGÍA	22
3.1 Modalidad básica de la investigación	22
3.2 Nivel o tipo de investigación	22
3.3 Población y muestra.....	23
3.3.1 Diseño experimental.....	23
3.3.2 Respuestas experimentales	24
3.4 Operacionalización de variables	25

3.5 Plan de recolección de información	27
3.5.1 Metodología	28
3.6 Plan de procesamiento de la información	29
CAPÍTULO IV	30
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	30
4.1 Análisis de los resultados.....	30
4.1.1 Materia Prima	30
4.1.2 Textura (Dureza)	30
4.1.3 Gelatinización.....	33
4.1.4 Retrogradación	36
4.2 Verificación de hipótesis.....	40
CAPÍTULO V	41
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
5.1 Conclusiones.....	41
5.2 Recomendaciones	42
CAPÍTULO VI	43
PROPUESTA.....	43
6.1 Datos informativos.....	43
6.2 Antecedentes de la propuesta.....	43
6.3 Justificación	44
6.4 Objetivos.....	45
6.4.1 Objetivo General	45
6.4.2 Objetivos Específicos	45
6.5 Análisis de factibilidad	45
6.6 Fundamentación.....	46
6.7 Metodología	46
6.8 Administración.....	47
6.9 Previsión de la evaluación	48
BIBLIOGRAFÍA	50
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla N° 1: Tratamientos a aplicar en la investigación.	24
Tabla N° 2: Valores de dureza promedio de los tubérculos en estudio a los diferentes pH y tiempos de cocción.	31
Tabla N° 3: Valores promedio de las propiedades térmicas de gelatinización de los tubérculos en estudio sin tratamiento.	34
Tabla N° 4: Valores promedio de las propiedades térmicas de retrogradación de los tubérculos en estudio sin tratamiento.	36
Tabla N° 5: Valores promedio de las propiedades térmicas de retrogradación de la papa a los diferentes pH y tiempos de cocción.	37
Tabla N° 6: Valores promedio de las propiedades térmicas de retrogradación de la mashua a los diferentes pH y tiempos de cocción.	38
Tabla N° 7: Valores promedio de las propiedades térmicas de retrogradación de la oca a los diferentes pH y tiempos de cocción.	38
Tabla N° 8: Valores promedio de las propiedades térmicas de retrogradación del melloco a los diferentes pH y tiempos de cocción.	39
Gráfico N° 1: Árbol de problemas.....	4
Gráfico N° 2: Categorías fundamentales	11

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. RESPUESTAS EXPERIMENTALES

Tabla A-1. Valores de dureza de la papa a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Tabla A-2. Valores de dureza de la mashua a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Tabla A-3. Valores de dureza de la oca a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Tabla A-4. Valores de dureza del melloco a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Tabla A-5. Valores de las propiedades térmicas de retrogradación de la papa a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Tabla A-6. Valores de las propiedades térmicas de retrogradación de la mashua a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Tabla A-7. Valores de las propiedades térmicas de retrogradación de la oca a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Tabla A-8. Valores de las propiedades térmicas de retrogradación del melloco a los diferentes pH y tiempos de cocción.

ANEXO B. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla B-1. Análisis de Varianza para Dureza (N) de Papa-Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla B-1.1. Prueba de Tukey HSD para Dureza (N) de Papa por pH

Tabla B-1.2. Prueba de Tukey HSD para Dureza (N) de Papa por Tiempo de cocción

Tabla B-2. Análisis de Varianza para Dureza de Mashua-Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla B-2.1. Prueba de Tukey HSD para Dureza (N) de Mashua por pH

Tabla B-2.2. Prueba de Tukey HSD para Dureza (N) de Mashua por Tiempo de cocción

Tabla B-3. Análisis de Varianza para Dureza de Oca-Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla B-3.1. Prueba de Tukey HSD para Dureza (N) de Oca por pH

Tabla B-3.2. Prueba de Tukey HSD para Dureza (N) de Oca por Tiempo de cocción

Tabla B-4. Análisis de Varianza para Dureza de Melloco-Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla B-4.1. Prueba de Tukey HSD para Dureza (N) de Melloco por pH

Tabla B-4.2. Prueba de Tukey HSD para Dureza (N) de Melloco por Tiempo de cocción

Tabla B-5. Análisis de Varianza para To de Papa -Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla B-6. Análisis de Varianza para Tp de Papa -Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla B-7. Análisis de Varianza para Te de Papa -Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla B-8. Análisis de Varianza para ΔH de Papa -Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla B-9. Análisis de Varianza para To de Mashua -Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla B-10. Análisis de Varianza para Tp de Mashua -Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla B-11. Análisis de Varianza para Te de Mashua -Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla B-12. Análisis de Varianza para ΔH de Mashua -Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla B-13. Análisis de Varianza para To de Oca -Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla B-14. Análisis de Varianza para Tp de Oca -Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla B-15. Análisis de Varianza para Te de Oca -Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla B-16. Análisis de Varianza para ΔH de Oca -Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla B-17. Análisis de Varianza para To de Melloco -Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla B-18. Análisis de Varianza para Tp de Melloco -Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla B-19. Análisis de Varianza para Te de Melloco -Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla B-20. Análisis de Varianza para ΔH de Melloco -Suma de Cuadrados Tipo III

ANEXO C. TERMOGRAMAS

Figura C-1. Termograma de gelatinización de papa cruda sin tratamiento.

Figura C-2. Termograma de gelatinización de papa cruda sin tratamiento.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, por permitirme seguir creciendo personal y profesionalmente.

A los Docentes de Posgrado de la FCIAL, por impartir sus conocimientos y compartir cada una de sus experiencias.

A la Dra. Mayra Paredes, Directora del Trabajo de Investigación, por su valiosa asesoría y tiempo dedicado durante el desarrollo del presente trabajo.

A mis compañeros de la maestría, por compartir momentos gratos e inolvidables.

Xime

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgencita, por guiarme y bendecirme en cada momento, permitiéndome culminar cada etapa con sabiduría, paciencia y fortaleza.

A mis padres, Luis y Nelly que son el pilar fundamental en mi vida, los mismos que me han enseñado que con esfuerzo, dedicación y humildad puedo alcanzar todas las metas que me he propuesto.

A Paty, por ser una hermana y amiga incondicional, de la cual he aprendido a sacar lo positivo de cada circunstancia y a vivir al máximo cada día.

A cada uno de mis familiares por apoyarme en mi formación profesional y acompañarme en todos los momentos especiales de mi vida.

Xime

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TEMA:

Influencia del pH del agua y tiempo de cocción sobre la textura, gelatinización y retrogradación de la papa (*Solanum tuberosum*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*) y melloco (*Ullucus tuberosus*)

AUTORA: Ing. Ximena Alexandra González Villalva

DIRECTORA: Ing. Mayra Liliana Paredes Escobar, Dra.

FECHA: 29 de marzo del 2018

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación establece la influencia del pH del agua y tiempo de cocción sobre la gelatinización, retrogradación y textura calculada por dureza, de diferentes tubérculos.

El análisis estadístico demostró que el pH del agua influye significativamente sobre la dureza en la papa, mashua, oca y melloco, así como el tiempo de cocción.

Los tubérculos estudiados presentaron los mayores valores de dureza a pH 3 y los menores valores a pH 10, estos resultados son independientes del tiempo de cocción.

Se determinaron las temperaturas de inicio, pico, final y la entalpía de gelatinización y retrogradación, en las muestras de cada tubérculo crudo y después de la aplicación de los tratamientos.

Los tratamientos térmicos aplicados produjeron una completa gelatinización del almidón. Las propiedades térmicas de retrogradación no presentaron diferencia significativa al aplicar los tratamientos. Sin embargo, se observó un incremento en las temperaturas de inicio, pico y final y un descenso en la entalpía al compararlos con sus respectivas muestras crudas retrogradadas. Es decir, fue menor la energía necesaria para fundir las cadenas de almidón retrogradado, por tanto, tuvieron mayor estabilidad a pH 3.

Descriptor: tubérculos, papas, mashuas, ocas, mellocos, pH del agua, tiempo de cocción, textura de alimentos, dureza, gelatinización, retrogradación.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

THEME:

Influence of pH of water and cooking time on the texture, gelatinization and retrogradation of potato (*Solanum tuberosum*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*) and melloco (*Ullucus tuberosus*)

AUTHOR: Ing. Ximena Alexandra González Villalva

DIRECTED BY: Ing. Mayra Liliana Paredes Escobar, Dra.

DATE: 29 de marzo del 2018

EXECUTIVE SUMMARY

The present research work establishes the influence of pH of water and cooking time on the gelatinization, retrogradation and texture calculated by hardness, of different tubers.

The statistical analysis showed that the pH of water significantly influences on the hardness in potatoes, mashua, oca and melloco, as well as the cooking time.

The tubers studied showed the highest values of hardness at pH 3 and the lowest values at pH 10, these results are independent of the cooking time.

The onset, peak, endset temperatures and the enthalpies of gelatinization and retrogradation were determined, in the samples of each raw tuber and after the application of the treatments.

The thermal treatments applied produced a complete starch gelatinization. The thermal properties of retrogradation did not show significant difference when the treatments were applied. However, it was observed an increase in the onset, peak and endset temperatures and a decline in the enthalpy as compared with their respective retrograded raw samples. In other words, the energy needed to melt the retrograded starch chains was lower, therefore they had greater stability at pH 3.

Keywords: tubers, potatoes, mashuas, ocas, mellocos, pH of water, cooking time, food texture, hardness, gelatinization, retrogradation.

INTRODUCCIÓN

Las raíces y tubérculos andinos (RTAs) son de gran importancia en la agricultura de la región andina del Ecuador, algunos como la papa (*Solanum tuberosum*) han adquirido relevancia a nivel mundial y otros como la mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*) y melloco (*Ullucus tuberosus*) son menos conocidos (Medina, 2003).

Las RTAs son una excelente opción para la agroindustria, puesto que desde la perspectiva nutricional, tienen gran cantidad de nutrientes que son beneficiosos para la alimentación humana (Barrera, Tapia y Montero, 2004).

El pH y tiempo de cocción durante el procesamiento de alimentos están directamente relacionados con los cambios físicos y químicos que se producen en los tubérculos (Stippl, Delgado y Becker, 2004), afectando directamente a la textura, la cual es un factor esencial en la percepción de los consumidores sobre la calidad de los productos agroalimentarios (García-Segovia, Andrés-Bello, y Martínez-Monzó, 2007).

Además, los cambios estructurales en las RTAs, por ejemplo, las papas cocidas se asocian principalmente con el comportamiento de gelatinización y retrogradación del almidón y con cambios enzimáticos y no enzimáticos en la pectina (Crespo, 2012).

Por tal motivo, la finalidad del presente trabajo de investigación es establecer el efecto que diferentes pH y tiempos de cocción, producen en la textura, gelatinización y retrogradación de la papa, mashua, oca y melloco.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Tema de investigación

Influencia del pH del agua y tiempo de cocción sobre la textura, gelatinización y retrogradación de la papa (*Solanum tuberosum*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*) y melloco (*Ullucus tuberosus*).

1.2 Planteamiento del problema

Desconocimiento del efecto del pH del agua y tiempo de cocción en la estabilidad de la papa (*Solanum tuberosum*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*) y melloco (*Ullucus tuberosus*).

1.2.1 Contextualización

El uso de las raíces y tubérculos abarca una parte fundamental en la alimentación y en la industria de la región interandina. La zona andina es catalogada como un macrocentro de conservación de la biodiversidad de cultivos andinos, especialmente raíces y tubérculos, beneficiando la marcada estacionalidad anual a la evolución de especies con órganos subterráneos almacenadores (Maza y Aguirre, 2002).

Las raíces y tubérculos andinos (RTAs) entre ellos la papa, ejercen un papel primordial en la alimentación de la comunidad andina. No obstante, la mayor parte de ellos no se producen para comercializarlos, sino que son utilizados en las zonas altas de los Andes para su propio consumo, evitando así su desaparición. Estas especies, de las cuales existe unpreciado conocimiento

tradicional en cuanto a su empleo, consumo y propiedades, son: el melloco, oca, mashua, jícama, achira y zanahoria blanca (Villacres, Quelal y Álvarez, 2013).

Las tendencias locales de producción y consumo demuestran que a nivel nacional las RTAs son utilizados como alimento de subsistencia (Barrera et al., 2004). En el Ecuador la producción de RTAs se centra en su ecorregión por las condiciones apropiadas de lluvia y suelo para producirlos (Barrera et al., 2004). Además, los tubérculos son un componente básico en la dieta de los ecuatorianos tanto de habitantes de la región Interandina, como también del Litoral y Amazonía (Maza y Aguirre, 2002).

Los nuevos hábitos alimenticios en pro de una buena salud, ha impulsado que la población busque alimentos funcionales que le proporcionen nutrientes, convirtiéndoles a las RTAs en un mercado potencial, porque presentan nutrientes y metabolitos secundarios como fenoles y taninos (Villacres et al., 2013).

Los alimentos se someten a cocción o procesamiento para aumentar su digestibilidad y palatabilidad. Este proceso también tiene como objetivo prolongar la vida útil, mientras que las propiedades sensoriales y nutricionales originales se mantienen lo más constante posible dentro de las limitaciones planteadas por la seguridad microbiana. Para lograr el equilibrio entre la calidad de los alimentos y la seguridad, es necesario optimizar las técnicas convencionales de elaboración actualmente aplicadas en las industrias alimentarias y desarrollar nuevas tecnologías de elaboración y mostrar la importancia del control de la cocción en el procesamiento de alimentos (Oey, Loeya y Hendrickxa, 2008).

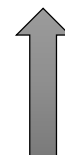
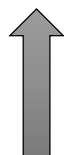
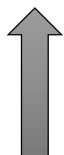
1.2.2 Análisis crítico

E
F
E
C
T
O
S

Cambios en la
textura y
retrogradación.

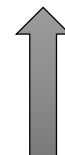
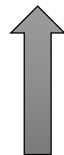
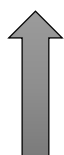
Variaciones físico-
químicas.

Subconsumo de
tubérculos andinos.



P
R
O
B
L
E
M
A

Desconocimiento del efecto del pH y tiempo de cocción en la estabilidad de la papa, mashua, oca y melloco.



C
A
U
S
A
S

Tiempos de cocción
insuficientes o muy
prolongados.

Ausencia de control del
pH del agua de cocción.

Inadecuada textura de
las RTAs para
consumo.

Gráfico N° 1: Árbol de problemas

1.2.3 Prognosis

En el caso de no ejecutarse la presente investigación, no se podría determinar una técnica de cocción óptima que permita una textura y estabilidad adecuadas. Consecuentemente el incremento del consumo de alimentos tradicionales como la papa, mashua, oca y melloco, que han sido reemplazados actualmente por otros tipos de alimentos no tradicionales de bajo contenido nutricional.

1.2.4 Formulación del problema

¿Cómo contribuiría el estudio del efecto del pH y tiempos de cocción en la estabilidad de la papa, mashua, oca y melloco?.

1.2.5 Interrogantes

- ¿Cuál es el tiempo de cocción óptimo para observar cambios en el comportamiento de gelatinización y retrogradación del almidón de papa, mashua, oca y melloco?
- ¿Cuáles serán los cambios texturales que sufren los tubérculos después de la cocción?
- ¿Qué efecto tiene el pH del agua en la cocción?
- ¿Cuál es el pH adecuado para evitar cambios en la textura de los tubérculos?

1.2.6 Delimitación del objeto de investigación

Área: Alimentos.

Subárea: Raíces y tubérculos

Categoría: Tubérculos pre-cocidos

Delimitación Temporal: El trabajo de investigación se realizará en el período Octubre 2016 - Mayo 2017.

Delimitación Espacial: Laboratorio de Cereales de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos LACONAL y Unidad Operativa de Investigación y Desarrollo (UODIDE - ICIA) de la Universidad Técnica de Ambato.

1.3 Justificación

La industria alimentaria está promovida por la tendencia de los consumidores de adquirir alimentos de alta calidad, mínimamente procesados, libres de aditivos, estables en el tiempo, convenientes y seguros. Por lo tanto, puesto que la textura es un factor esencial en la percepción de los consumidores sobre la calidad de los productos agroalimentarios, resulta un reto para la industria alimentaria minimizar el cambio de color y la pérdida de turgor durante el procesamiento.

En este sentido, los parámetros involucrados en el procesamiento deben ser analizados para su posterior control. El monitoreo del pH es muy importante para evitar la pérdida de color y textura. Consecuentemente, el conocimiento del efecto del pH es necesario para elaborar productos seguros, de alta calidad y con valor agregado.

Asimismo, se conoce que la textura de los tubérculos cocidos se asocia con la gelatinización del almidón y los procesos de retrogradación; en donde, los parámetros de textura definidos por el método TPA, como dureza puede determinar la calidad de un producto alimenticio.

Por tal motivo, en la presente investigación se estudió el efecto del pH y tiempo de cocción sobre la textura, gelatinización y retrogradación de los tubérculos andinos. Lo que permite aportar con datos que estandaricen los procesos y mantengan las características de calidad y aceptabilidad del consumidor. De la misma manera, potencialicen la producción y consumo de los mismos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Establecer la influencia del pH del agua y tiempo de cocción sobre la textura, gelatinización y retrogradación de la papa (*Solanum tuberosum*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*) y melloco (*Ullucus tuberosus*).

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar las variaciones de textura en la papa, mashua, oca y melloco.
- Evaluar el comportamiento de retrogradación en la papa, mashua, oca y melloco
- Definir el pH y tiempo de cocción óptimo para cada tubérculo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

Se ha encontrado como referencia los siguientes estudios:

García-Segovia et al., (2007) examinaron las variaciones en las propiedades de textura de las patatas (*Solanum tuberosum* L., cv. Monalisa) cocinadas usando métodos de presión atmosférica y al vacío a diferentes tiempos, para lo cual se utilizó la prueba de análisis de perfil de textura (TPA) y la microestructura por Cryo-SEM; en donde llegaron a la conclusión que el análisis del efecto del tratamiento (presión atmosférica, cook-vide y sous-vide) sobre los parámetros de la TPA no reveló diferencias significativas entre los diferentes tratamientos estudiados bajo las condiciones de tiempo/temperatura analizados. Respecto al efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento, se observó que el binomio tiempo/temperatura ejerció una influencia mayor sobre los parámetros texturales.

Linares, Vergara y Hase (2005) afirman en su investigación que al controlar los cambios en las propiedades de textura durante la cocción en agua a ebullición de dos variedades de mandioca (Pombery y Concepción); presentaron variaciones significativas en la fuerza de compresión máxima, firmeza, dureza y rigidez en los tres minutos iniciales, durante los cuales disminuyen con el tiempo, con un cambio inicial rápido seguido de uno más lento.

Andrés-Bello, Barreto-Palacios, García-Segovia, Mir-Bel y Martínez-Monzó (2013) mencionan que el pH afecta el color y la textura de los productos alimenticios y la compresión de la dirección

del cambio es muy importante para modificar el resultado final. Sin embargo, el efecto del pH sobre las propiedades fisicoquímicas no puede generalizarse, ya que el estudio sobre la comprensión básica de este tema sigue siendo limitado y las propiedades fisicoquímicas dependen del producto.

Palate (2013), realizó el estudio del efecto de la temperatura y tiempo de maduración en las características físico-químicas y sensoriales de la oca (*Oxalis tuberosa*), para lo cual trabajó con ocas frescas variedad amarilla aplicando los siguientes factores y niveles; tiempo de maduración (3, 4, 5, 6 días) y temperatura (35, 42, 50 °C), seleccionando como el mejor tratamiento a ocas maduras a 35°C por 6 días, este resultado fue avalado con un análisis sensorial evaluando atributos como: color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad.

Șerban et al., (2014) investigaron el procesamiento térmico de patatas en el agua, mediante la determinación de las características físico-químicas, sensoriales y texturales de las patatas. El estudio tuvo en cuenta las pérdidas provocadas por el tratamiento térmico de las patatas frescas y congeladas en agua clara, agua salada (2% de sal) y agua con romero (0,5% de romero), concluyendo que las muestras más apreciadas fueron las muestras de patatas frescas hervidas en agua salada (2%), mientras que las muestras de patatas congeladas mostraron una mayor cohesividad que las muestras de patatas frescas y las muestras de patatas congeladas mostraron una elasticidad más alta en comparación con las otras muestras.

Jimenez, Rossi y Sammán (2015) estudiaron los cambios producidos por dos procesos comunes de cocción (hervir y freír) sobre las características nutricionales, texturales y funcionales de cinco variedades de patata andina. Concluyeron que el proceso de ebullición afecta la composición de la papa produciendo pérdidas de vitamina C; la cocción por fritura destruye vitamina C y aumenta el

valor energético de los alimentos fritos; además el análisis de la textura de las papas hervidas demuestra que no hay diferencia entre las variedades andinas hervidas y la variedad de referencia.

2.2 Fundamentación filosófica

La presente investigación se basa en el paradigma positivista que según Hernández, Fernández y Batista (2008), consiste en una investigación de laboratorio con un diseño organizado y planificado; su método está orientado a lo verificado, sintetizado, corroborado e hipotético conclusivo con el correspondiente análisis de resultados. Con base en la experiencia. Además, la realidad es única y partitiva que se puede manipular independientemente.

Al ser una investigación experimental, donde se procura encontrar una explicación, pronóstico y dominio de fenómenos físicos y químicos; el estudio se puede vincular con un enfoque crítico propositivo, donde la generalización científica tiene como base leyes naturales invariables a fin de solucionar problemas reales, según lo mencionado por Herrera, Medina, y Naranjo (2008).

2.3 Categorías fundamentales

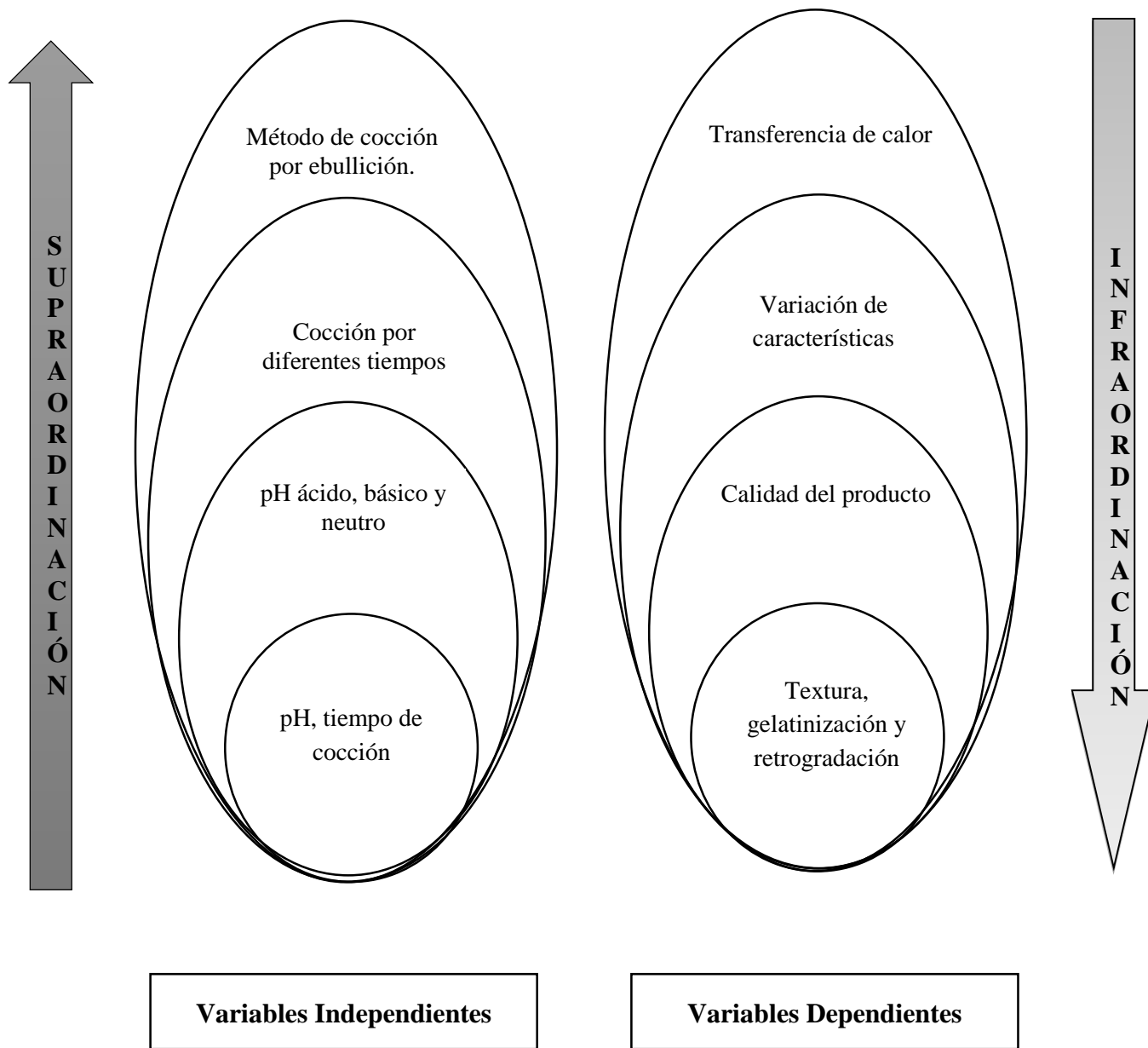


Gráfico N° 2: Categorías fundamentales

2.3.1 Marco Conceptual variable independiente

2.3.1.1 Papa (*Solanum tuberosum*)

a) Generalidades



Figura N°1: Papa (*Solanum tuberosum*)

Con más de 4.000 variedades, actualmente la papa es el tubérculo que más se cultiva en todo el planeta, con 300 millones de toneladas métricas (“International Potato Center,” 2016). En el Ecuador es uno de los productos de mayor producción y consumo, especialmente en la región interandina, se constituyó desde la época precolonial como un producto alimenticio básico. La adaptación de este tubérculo a diversos climas y suelos, además de la estabilidad en el clima durante el transcurso del año en las regiones de producción del país, favorece la siembra y cosecha del tubérculo. Su producción se localiza en la Sierra ecuatoriana, especialmente en: Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Cañar y Azuay (Devaux, Ordinola, Hibon y Flores, 2010).

El cultivo de papa ocupa una superficie de 34 317,00 hectáreas con una producción promedio de 285100 tm anuales. Debido a su importancia nutricional y económica, alrededor de 30000 familias de la sierra ecuatoriana se dedican a la producción de este cultivo (FAOSTAT, 2012).

En el país el mayor consumo de papa es en estado fresco con un 90%, el porcentaje restante es utilizado en la industria, ya sea como papas fritas en formas de "chips", a la francesa, congeladas, pre-fritas y enlatadas, en forma de purés, sopas o harinas (Pumisacho y Sherwood, 2002). Las variedades como Frypapa, Capiro, Superchola, María y Santa Catalina son las más utilizadas para este fin (Mancero, 2007).

b) Información Nutricional

La papa desempeña funciones energéticas debido a su contenido de carbohidratos (18% base húmeda), principalmente almidón (17,1% base húmeda), al igual que funciones reguladoras del organismo por su contenido en minerales, fibra (2 %) y vitaminas, entre estas últimas, sobresale la vitamina C (18 mg/100 g de porción comestible) (Suquilanda, 2010).

2.3.1.2 Mashua (*Tropaeolum tuberosum*)

a) Generalidades



Figura N°2: Mashua (*Tropaeolum tuberosum*)

Mashua o maswa, es un tubérculo del sur de Colombia, Ecuador y parte central de Perú; se cultiva en suelos pobres y presenta grandes rendimientos sin utilizar fertilizantes y pesticidas, pero tiene poca acogida en el mercado.

La mayor superficie de producción está en Perú con 7244 ha, mientras que en Bolivia no superan las 100 ha; en Ecuador se estima que el cultivo no supera las 50 ha, localizadas en áreas desoladas de la región andina del país (Grau, Ortega, Nieto y Hermann, 2003).

El tubérculo en estado fresco tiene una gran cantidad de isotiocianatos que le otorgan un sabor picante y astringente, el cual se reduce por acción de la luz solar, el remojo y la cocción (Villacrés y Ruíz, 2002).

b) Información Nutricional

La mashua tiene un alto contenido de almidón con un 46,92%, azúcares (42,81%) y un contenido elevado de proteína (9,17 %), con relación a otras raíces y tubérculos andinos. Posee minerales como potasio (1,99 %), Hierro (42 ppm), y Zinc (48 ppm); y dentro de las vitaminas se destaca el elevado contenido de Vitamina C (77,37 mg/100 g muestra fresca) (Espín et al., 2004).

2.3.1.3 Oca (*Oxalis tuberosa*)

a) Generalidades



Figura N°3: Oca (*Oxalis tuberosa*)

La oca es un tubérculo propio de la población andina, se cultiva desde Carchi hasta Loja, entre los 2800 y 4000 msnm. Su rendimiento no sobrepasa las 2 t/ha, aunque a nivel experimental se ha obtenido entre 15 a 28 t/ha (Barrera et al., 2004).

El tubérculo a diferencia de la papa tiene un mayor contenido de azúcares (9,68 %), los que se concentran por exposición del tubérculo al sol y le confieren un sabor dulce. Su consumo es en forma fresca o endulzada (Espín et al., 2004).

b) Información Nutricional

El almidón de la oca es un carbohidrato que se encuentra en gran proporción (42,17 %), en cambio el contenido de proteína es moderado (4,60 %). Entre los minerales, predomina el hierro (48,85 ppm) y el potasio (1,30 %) y entre las vitaminas, sobresale el contenido de vitamina E (35 mg / 100 g tubérculo fresco) (Espín et al., 2004).

2.3.1.4 Melloco (*Ullucus tuberosus*)

a) Generalidades



Figura N°4: Melloco (*Ullucus tuberosus*)

El melloco (olluco, ulluco, milloco o papa lisa) es consumido por los ecuatorianos de todos los estratos sociales, razón por la cual es considerado como el segundo tubérculo en importancia luego de la papa. Constituye un componente de los sistemas agrícolas de los pequeños agricultores (Suquilanda, 2010).

Su cultivo se realiza en toda la sierra ecuatoriana, especialmente en las provincias del Cañar, Carchi, Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi y Pichincha; en altitudes entre los 2500 y 4000 msnm, con un rendimiento promedio de 3,5 t/ha, comúnmente se siembra en asociaciones o rotaciones con papa, quinua, oca, mashua, haba, cebada, etc. (Suquilanda, 2010).

b) Información Nutricional

El tubérculo no necesita ser pelado para su consumo debido a su cáscara tan delgada, además presenta gran diversidad de formas y colores (Villacrés et al., 2013). La pulpa tiene una textura suave y sedosa, sobresale por ser una fuente importante de energía, gracias a su contenido de carbohidratos, como el almidón (70,50 %) y azúcares totales (6,63 %). Por otra parte, el aporte de proteína es del 10,01 %, hierro (2,48 %) y potasio (59,42 ppm) (Espín et al., 2004).

2.3.1.5 pH

“El pH (potencial de hidrógeno) es una medida de la acidez o alcalinidad de una disolución e indica la concentración de iones hidronio $[H_3O^+]$ presentes en determinadas sustancias” (Chang y Goldsby, 2013, p. 672).

Los efectos de la temperatura y presión causan problemas para una medición precisa, afectando la lectura de los datos de pH. Un aumento de temperatura de cualquier solución provocará una disminución de su viscosidad y un aumento en la movilidad de sus iones en solución. Un aumento

de temperatura también puede conducir a un aumento en el número de iones en solución debido a la disociación de las moléculas (esto es particularmente cierto para los ácidos débiles y las bases). Como el pH es una medida de la concentración de iones hidrógeno, un cambio en la temperatura de una solución se reflejará por un cambio subsiguiente en el pH (Barrón, Duarte, Frankignoulle y Borges, 2006).

El pH varía entre 3,5 y 7,0 en gran parte de los productos alimenticios y tiene un efecto fundamental sobre los pigmentos, entre ellos, la clorofila, carotenoides, antocianinas, etc; causantes del color de los frutos, las verduras y la carne (Andrés et al., 2013).

2.3.1.6 Cocción

La cocción es una operación que logra cambiar física y químicamente el aspecto, textura, composición y valor nutritivo de un alimento por medio de la acción del calor, con el propósito de obtener algo más digerible, gustoso e inocuo (Bello, 1999).

La cocción puede eliminar los microorganismos sensibles a altas temperaturas a la par que posibilita que vivan las formas termoresistentes, que abarcan las esporas bacterianas, convirtiéndose en una selección. Lo más complejo es conseguir eliminar los agentes patógenos, mientras se alcanza la cocción de las partes internas de los alimentos; ello depende del espesor del alimento que está siendo cocido, la temperatura del aceite o del agua y la duración de la cocción (Peralta, 2003).

2.3.1.7 Cocción por ebullición

Una de las formas más frecuentes del cocido de tubérculos es la cocción en un fluido acuoso como medio de transferencia de calor para el tratamiento térmico del alimento. En consecuencia, el alimento toma contacto con el agua, partiendo tanto de un medio acuoso líquido casi frío, como de un líquido en ebullición (Bello, 1999).

Dentro de los métodos de cocción en medio acuoso, uno de los más empleados y antiguos es por ebullición; el mismo que permite hervir desde frío o calor. Cuando se requiere una cocción prolongada se la realiza desde frío, introduciendo los alimentos en agua fría y llevándolos a ebullición. Por el contrario, para evitar una sobrecocción, se realiza una cocción desde calor, la cual consiste en sumergir los alimentos cuando el agua comienza a hervir, es decir, alcanza los 100 °C (Gastronomía & Cía, 2008).

Crespo (2012), señala que la modificación en la textura de los tubérculos durante la cocción, está directamente relacionada con los cambios en las propiedades del almidón. El carbohidrato, desde los 50 °C empieza su gelatinización; y específicamente en la papa inicia entre los 62-68 °C con una retrogradación después de su enfriamiento. Por lo cual, desde una perspectiva culinaria o digestiva, esos almidones estarían aptos para su consumo.

2.3.2 Marco Conceptual variable dependiente

2.3.2.1 Análisis de Perfil de Textura (TPA)

“Es un procedimiento instrumental para medir, cuantificar y desarrollar nuevos parámetros relacionados con la textura, aunque la magnitud de estos parámetros será influenciada por las variables introducidas en las mediciones como la tasa de deformación y para que ellas puedan

proveer información objetiva y que se pueda comparar es necesario ejecutar las mediciones bajo unas condiciones estandarizadas” (Fellows, 2000, p.45).

Tunick (2000) señala que: “El análisis de perfil de textura es una prueba imitativa en la cual se pretende reproducir el masticado de un producto. Siendo útil en el proceso de control de calidad y manufactura de alimentos; sin embargo, no determina sus propiedades reológicas” (p.1893).

Roudot (2004) define al TPA como: “El ejemplo más notable que correlaciona las pruebas objetivas con valores sensoriales y está favorecida por la forma en que se efectúan las pruebas, su versatilidad y precisión reemplazando las antiguas medidas por medio de paneles sensoriales” y Demonte (1995) menciona que: “Las propiedades texturales de los alimentos son aquellas que están relacionadas con el flujo, deformación y desintegración del producto las cuales pueden ser evaluadas mediante un Análisis de Perfil de Textura (TPA), cuya prueba consiste en una prueba de doble compresión donde se someten muestras del producto a una compresión de 80 a 90 % con respecto a su altura inicial”

Fractura, dureza, cohesión, adhesividad, resortabilidad, gomosidad y masticabilidad, son los principales parámetros texturales obtenidos con el análisis de perfil de textura (Roudot, 2004).

Según Lu y Chen (1998) la evaluación textural es usada en el desarrollo de nuevos alimentos, en mejorar los que existen, en controlar el proceso de elaboración y en el control de calidad, puesto que la firmeza, dureza, terneza, etc., son propiedades texturales que se relacionan directamente con las propiedades mecánicas de los alimentos, por lo cual es fundamental su estudio y conocimiento para el control de calidad.

a) Dureza

La dureza es la fuerza máxima obtenida durante el primer ciclo de compresión. Se refiere a la fuerza requerida para comprimir un producto entre los molares o entre la lengua y el paladar.

En la industria alimenticia la dureza se mide con el penetrómetro, durómetro y el texturómetro; éste último permite determinar el grado de dureza del producto por medio de un Análisis de Perfil de Textura (TPA), en el cual el producto es sometido a una doble compresión con el objetivo de simular el proceso de masticación humana. (Zuñiga, Velazquez, y Osorio, 2007).

2.3.2.2 Calorimetría

a) Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC)

Registrar la diferencia entre el cambio de entalpía que ocurre en una muestra y un material inerte de referencia cuando ambos se calientan, es el objetivo de los instrumentos térmicos diferenciales. Los instrumentos térmicos diferenciales se clasifican en: DTA (Análisis Diferencial Térmico) y DSC (Calorimetría Diferencial de Barrido). (Sandoval, Rodríguez y Fernández, 2004).

“En el DSC, la muestra y la referencia se calientan independientemente, por lo que se puede medir directamente la diferencia en flujo de calor para mantener una temperatura igual en ambas. Así, los datos se obtienen en forma de entradas diferenciales de calor (dH/dt) en función de la temperatura. Con estos datos se pueden obtener temperaturas y entalpías de transición o de reacción” (Sandoval et al., 2004, p.46).

2.4 Hipótesis

Hipótesis nula (H_0):

- H_0 : El pH y tiempo de cocción no tienen influencia significativa en la textura, gelatinización y retrogradación de papa, mashua, oca y melloco.

Hipótesis alternativa (H_1):

- H_1 : El pH y tiempo de cocción influyen en la textura, gelatinización y retrogradación de papa, mashua, oca y melloco.

2.5 Señalamiento de variables de la hipótesis

2.5.1 Variables independientes

- pH
- Tiempo de cocción

2.5.2 Variables dependientes

- Textura
- Gelatinización
- Retrogradación

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad básica de la investigación

a) Investigación experimental. - Es el estudio en el que se manipula ciertas variables independientes para observar los efectos en las respectivas variables dependientes, con el propósito de precisar la relación causa-efecto, prediciendo así lo que ocurrirá si se produce alguna modificación en la condición actual, logrando un razonamiento hipotético-deductivo y una metodología cuantitativa.

b) Investigación documental-bibliográfica. - Tiene el propósito de conocer, comparar, ampliar, profundizar y deducir diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre una cuestión determinada, basándose en documentos o en libros, revistas, periódicos, y otras publicaciones (Herrera et al., 2008).

3.2 Nivel o tipo de investigación

Los niveles al que llegará la investigación son:

- Explorativa, puesto que permite desarrollar temas nuevos o poco conocidos y carecientes de información, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho tema, es decir, nivel superficial de conocimientos.
- Correlacional, el cual pretende medir el grado de relación (no causal) que existe entre dos o más variables. Para realizar este tipo de estudio, primero se debe medir las

variables y luego, mediante pruebas de hipótesis correlacionales acompañadas de la aplicación de técnicas estadísticas, se estima la correlación.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Diseño experimental

Se aplicó un diseño factorial AxB (3x4), obteniéndose un total de 12 tratamientos. Para la determinación de textura se trabajó con 8 réplicas, es decir se estudiaron 96 muestras por tubérculo.

Este diseño experimental permite evaluar el efecto combinado o de interacción de dos factores sobre una variable respuesta, así como el efecto combinado de cada uno (Saltos, 2010).

Modelo Matemático

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + R_k + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

μ = efecto global

A_i = efecto del i-ésimo nivel del factor A

B_j = efecto del j-ésimo nivel del factor B

$(AB)_{ij}$ = efecto de la interacción entre los factores A y B

R_k = efecto de las replicaciones

ϵ_{ijk} = residuo o error experimental

A continuación, se detallan los factores y los niveles que se tomaron en cuenta para el diseño experimental:

Factores	Niveles
A: pH	a ₀ : 3
	a ₁ : 7
	a ₂ : 10
B: Tiempo de cocción	b ₀ : 3 min
	b ₁ : 5 min
	b ₂ : 7 min
	b ₃ : 10 min

3.3.2 Respuestas experimentales

- Textura (Dureza)
- Gelatinización
- Retrogradación

Tabla N° 1: Tratamientos a aplicar en la investigación.

Tratamientos	Significado
a ₀ b ₀	pH 3, 3 min
a ₀ b ₁	pH 3, 5 min
a ₀ b ₂	pH 3, 7 min
a ₀ b ₃	pH 3, 10 min

a ₁ b ₀	pH 7, 3min
a ₁ b ₁	pH 7, 5 min
a ₁ b ₂	pH 7, 7min
a ₁ b ₃	pH 7, 10 min
a ₂ b ₀	pH 10, 3min
a ₂ b ₁	pH 10, 5 min
a ₂ b ₂	pH 10, 7 min
a ₂ b ₃	pH 10, 10 min

Elaborado por: Ing. Ximena González, 2018.

3.4 Operacionalización de variables

Cuadro N° 1. Variables Independientes: pH, Tiempo de cocción

Descripción	Conceptualización	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
pH	Es una medida de la actividad de los iones hidronio (H ₃ O ⁺) en una sustancia, determina la reacción química en curso y por lo tanto la calidad del producto, particularmente en los procesos	Indicador de acidez o alcalinidad	3 7 10	¿Influirá el pH en la textura, gelatinización y retrogradación de los tubérculos?	pH-metro

	alimentarios y bioquímicos.				
Tiempo de cocción	Operación capaz de transformar de modo físico y/o químico el aspecto, la textura, la composición y el valor nutritivo de un alimento mediante la acción del calor.	Método de cocción por ebullición	3 min 5 min 7 min 10 min	¿Influirá el tiempo de cocción en la textura, gelatinización y retrogradación de los tubérculos?	Cronómetro Termómetro

Elaborado por: Ing. Ximena González, 2018.

Cuadro N° 2. Variables dependientes: Textura y retrogradación

Descripción	Conceptualización	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Textura	Atributo que tiende a constituir una valoración de las características físicas del alimento que se perciben a través de la masticación y también una valoración de las características	Análisis Físico	Dureza (N)	¿La aplicación de los diferentes tratamientos influirá sobre la textura de la papa, mashua, oca y melloco?	Texturómetro BROOKFIELD CT3

	químicas que se perciben a través del gusto.				
Gelatinización Retrogradación	<p>Gelatinización: Proceso donde los gránulos de almidón se calientan y empieza un proceso lento de absorción de agua en las zonas intermicelares amorfas.</p> <p>Retrogradación: Es la insolubilización y la precipitación espontánea, principalmente de las moléculas de amilosa, se puede efectuar por diversas rutas que dependen de la concentración y de la temperatura.</p>	Análisis Térmico	Termograma	¿La aplicación de los diferentes tratamientos influirá sobre la retrogradación de la papa, mashua, oca y melloco?	Calorímetro diferencial DSC

Elaborado por: Ing. Ximena González, 2018.

3.5 Plan de recolección de información

Se realizó durante el desarrollo de la fase experimental de acuerdo al diseño planteado. Se dispuso de 12 tratamientos con 8 réplicas para la determinación de textura, es decir 96 muestras por tubérculo y por duplicado para la determinación de gelatinización y retrogradación.

3.5.1 Metodología

Muestras

Las muestras fueron preparadas de acuerdo al procedimiento reportado por Linares et al. (2005), con algunas modificaciones. Los tubérculos fueron lavados con agua para retirar los restos de tierra y cortados en rebanadas, perpendicular al eje principal, de 1cm de altura; con un sacabocados se seleccionó un cilindro de la parte central de 1 cm de diámetro.

Cocción

Se procedió según lo indicado por Linares et al. (2005) con algunas modificaciones. Los tiempos de cocción fueron: 3, 5, 7 y 10 minutos, para cada tiempo se colocaron ocho cilindros de cada tubérculo en un recipiente con agua en ebullición previamente ajustada a pH 3, 7 y 10. Las muestras cocidas fueron enfriadas inmediatamente en una corriente de agua fría, drenadas durante un minuto, guardadas en bolsas de polietileno para evitar pérdidas de humedad y colocadas en refrigeración hasta la realización del ensayo de textura.

Análisis de Textura

El Análisis de Perfil de Textura de los cilindros de cada tubérculo cocido se realizó utilizando un analizador de textura BROOKFIELD CT3. Las muestras se colocaron en la placa base del TA-RT-KI con una sonda cilíndrica con código TA5, usando una celda de carga de 10 kg. La velocidad del test fue de 0.3 mm / s, con una carga de activación de 0,07 N y la deformación del 80 % de la longitud original. El parámetro textural que se determinó a partir de cada curva fue: dureza (fuerza pico del primer ciclo de compresión en N). Se realizaron ocho determinaciones para cada tratamiento de cocción (García-Segovia et al., 2007).

Calorimetría Diferencial de Barrido

Las mediciones de DSC se realizaron usando un Calorímetro Diferencial de Barrido Mettler Toledo, equipado con una estación de datos de análisis térmico y un software de grabación de datos. El procedimiento se siguió según lo reportado por Karlsson y Eliasson (2003b) y Tian et al. (2016), con algunas modificaciones; se cortaron usando un bisturí rodajas de aproximadamente 4mm de la parte central de cada cilindro sometido a los diferentes tratamientos.

Las muestras con alrededor de 4 a 5 mg se colocaron en crisoles de aluminio, las cuales inmediatamente se sellaron herméticamente. No se agregó agua. Los análisis de gelatinización se realizaron en el DSC en el rango de temperatura de 25 a 140 °C con una tasa de exploración de 10 °C / min. El instrumento se calibró usando Indio y se utilizó una bandeja vacía como referencia.

Durante siete días, los crisoles con las muestras analizadas se mantuvieron refrigerados a 4 °C, para luego repetir el procedimiento y realizar los análisis de retrogradación bajo los mismos parámetros de la gelatinización.

Se midió: Entalpía de transición (ΔH expresado como J / g), temperatura de inicio (T_0), pico de temperatura (T_p) y temperatura final (T_e). Se calcularon los valores promedio de dos mediciones para cada muestra.

3.6 Plan de procesamiento de la información

El procesamiento y análisis estadístico de datos se realizó en los paquetes informáticos: Excel 2013 y Statgraphics Centurion.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de los resultados.

4.1.1 Materia Prima

Se utilizó papa de variedad chaucha (*Solanum phureja*), mashua de variedad amarilla (*Tropaeolum tuberosum*), oca blanca dulce (*Oxalis tuberosa* Mol) y melloco blanco (*Ullucus tuberosus* Caldas); provenientes de la zona de Colta y sus alrededores, mismos que se adquirieron en el mercado de Cajabamba del cantón Colta, Provincia de Chimborazo como parte del convenio de colaboración entre la UTA-ESPOCH.

4.1.2 Textura (Dureza)

La textura es un parámetro fundamental de calidad percibida por los consumidores (García-Segovia et al., 2007) y frecuentemente la dureza se usa como indicador de calidad de consumo (Zheng, Zhang, Song, Lin, y Kan, 2013). El método de Análisis de Perfil de Textura (TPA) permite evaluar los parámetros texturales de los tubérculos cocidos con pruebas que simulan la masticación (Jiménez et al., 2015).

En las Tablas A-1, A-2, A-3 y A-4 se indican los valores obtenidos de dureza de la papa, mashua, oca y melloco respectivamente, a los diferentes pH y tiempos de cocción; además de los coeficientes de variación, los cuales son menores al 20%, es decir, están dentro del rango aceptable (Pimente, 1985; Patel et al., 2001). Los datos indican que al aumentar el tiempo de cocción y el pH pasa de ácido a básico, la dureza disminuye. Este efecto fue observado en la investigación de

Nourian et al., 2003, en donde se evidenció un descenso en los parámetros texturales con el tiempo para blanqueo de papas.

Tabla N° 2: Valores de dureza promedio de los tubérculos en estudio a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Tubérculos				
Tratamientos	Papa	Mashua	Oca	Mellico
	Promedio (N)			
a ₀ b ₀	97,90 ± 5,81	94,93 ± 3,82	105,71 ± 4,97	77,78 ± 11,83
a ₀ b ₁	16,28 ± 1,69	82,53 ± 12,22	76,41 ± 7,21	61,89 ± 8,14
a ₀ b ₂	8,00 ± 1,26	63,40 ± 6,73	58,23 ± 7,79	29,15 ± 4,02
a ₀ b ₃	3,93 ± 0,56	27,44 ± 4,65	45,95 ± 7,30	22,10 ± 3,49
a ₁ b ₀	17,41 ± 1,95	73,66 ± 7,92	88,89 ± 10,54	73,79 ± 11,03
a ₁ b ₁	9,31 ± 1,78	45,92 ± 4,38	71,37 ± 7,10	48,80 ± 6,79
a ₁ b ₂	6,60 ± 1,14	33,66 ± 5,52	51,57 ± 7,79	25,89 ± 3,42
a ₁ b ₃	3,26 ± 0,52	14,52 ± 2,46	31,18 ± 4,34	20,89 ± 2,87
a ₂ b ₀	13,43 ± 1,79	69,03 ± 6,38	66,75 ± 8,68	63,38 ± 9,06
a ₂ b ₁	7,88 ± 1,19	31,92 ± 4,79	59,24 ± 9,13	38,03 ± 5,75
a ₂ b ₂	5,35 ± 0,79	17,71 ± 2,60	46,58 ± 5,94	20,14 ± 2,63
a ₂ b ₃	2,96 ± 0,46	11,36 ± 1,84	28,64 ± 4,33	17,10 ± 2,18

a₀: pH 3
a₁: pH 7
a₂: pH 10

b₀: 3 min
b₁: 5 min
b₂: 7 min
b₃: 10 min

Elaborado por: Ing. Ximena González, 2018.

Los datos evidencian que en todos los tubérculos después del tratamiento a_0b_0 (pH 3, tiempo de cocción 3 minutos) las muestras presentan el valor más alto en dureza con un promedio de 97,90 N para la papa, 94,93 N para la mashua, 105,71 para la oca y 77,78 N en el caso del melloco; en cambio, después del tratamiento a_2b_3 (pH 10, tiempo de cocción 10 minutos) tienen el valor más bajo en dureza con un promedio de 2,96 N para la papa, 11,36 N para mashua, 28,64 N para oca y 17,10 N para el melloco.

En las tablas B-1, B-2, B-3 y B-4, se reportan los resultados del análisis de varianza, los cuales demostraron que al 95% de nivel de confianza existen diferencias significativas entre los tratamientos sobre dureza en la papa, mashua, oca y melloco; mostrando significancia el factor A: pH, B: Tiempo de cocción y la Interacción AB.

En consecuencia, se aplicó la prueba de Tukey con un 95 % de nivel de confianza para dureza por pH (Tabla B-1.1, Tabla B-2.1, Tabla B-3.1, Tabla B-4.1) para cada tubérculo, los cuales indican que el nivel que presentó mayor promedio en los cuatro tubérculos es a pH 3. Estos datos corroboran lo indicado por Zhao et al. (2017), quienes experimentalmente obtuvieron la mayor dureza en rodajas de papa cocidas después de un pretratamiento de inmersión al 0,8% en ácido acético durante 18 h. Además, hallaron que la influencia del ácido acético sobre la dureza de la papa puede originarse de los cambios estructurales del polisacárido de la pared celular a causa de la disolución o cambios bioquímicos.

Por otra parte, Badui (2006), señaló que agua alcalina por la adición de bicarbonato de sodio, es eficaz para generar el ablandamiento de frijoles con una disminución significativa en el tiempo de cocción; de la misma forma Córdova (2003), menciona que al colocar en exceso bicarbonato en el agua de cocción de vegetales, se corre el riesgo de ablandar la textura y hacerlos poco agradables,

pues las sustancias básicas reblandecen o disuelven los tejidos orgánicos. Los resultados de estas investigaciones relacionadas ratifican los datos obtenidos para dureza de la papa, mashua, oca y melloco; puesto que, el nivel que presentó menor promedio de dureza en los cuatro tubérculos es a pH 10.

Por otro lado, la prueba de Tukey con un 95 % de nivel de confianza para dureza por tiempo de cocción (Tabla B-1.2, Tabla B-2.2, Tabla B-3.2, Tabla B-4.2) para cada tubérculo, presentó el valor más alto correspondiente a 3 minutos y el más bajo a los 10 minutos. Los resultados confirmaron lo expuesto por Linares et al. (2005) quienes afirman que la dureza disminuyó con el tiempo en dos variedades de mandioca con un descenso rápido en los tres primeros minutos.

Finalmente, la interacción AB e intervalos de Tukey al 95 % para pH y tiempo de cocción (Figura B-1, Figura B-2, Figura B-3, Figura B-4) para cada tubérculo, revalidan lo antes mencionado.

La textura de los productos alimenticios es esencial y en la industria alimentaria no existen estándares internacionales para dureza de los alimentos, lo que dificulta comparar los resultados al aplicar diferentes métodos de procesamiento (Kadam, Tiwari, & Donnell, 2015) . Por lo tanto, según los resultados obtenidos de dureza, se decidió seleccionar los tratamientos a pH 3 y 7, tiempos de cocción 3 y 5 minutos, para determinar su influencia en la gelatinización y retrogradación de la papa, mashua, oca y melloco, puesto que poseen los valores de dureza más cercanos a los reportados por Şerban et al. (2014) y Kaur, Singh, Singh Sodhi, y Singh Gujral (2002), en papa.

4.1.3 Gelatinización

Los tubérculos, son alimentos que contiene almidón y comúnmente son calentados en presencia de agua para poder consumirlos, lo que genera la gelatinización del almidón (Santacruz, S., Ruales,

J., Eliasson, 2003); el cual es, el hinchamiento, hidratación y solubilización de las moléculas de almidón ocasionando el rompimiento de enlaces de hidrógeno de las cadenas de las moléculas que forman los gránulos del almidón (Rodríguez, 2008; Coultate, 2009) provocando cambios en la textura y consistencia del alimento (Eliasson, 2010).

En la Tabla A-5 se indican los valores obtenidos de gelatinización de la papa, mashua, oca y melloco sin tratamiento (Crudo), cuyos promedios se evidencian en la Tabla 3.

Tabla N° 3: Valores promedio de las propiedades térmicas de gelatinización de los tubérculos en estudio sin tratamiento.

Tubérculos	To (°C)	Tp (°C)	Te (°C)	ΔH (J/g)
Papa	59,98 ± 0,93	63,51 ± 0,08	66,73 ± 0,47	1,66 ± 0,02
Mashua	61,05 ± 0,13	62,65 ± 0,13	64,37 ± 0,04	0,14 ± 0,01
Oca	56,88 ± 0,08	58,75 ± 0,01	61,12 ± 0,06	0,69 ± 0,01
Melloco	58,42 ± 0,15	61,63 ± 0,61	65,82 ± 0,37	0,14 ± 0,04

Elaborado por: Ing. Ximena González, 2018

Los datos demuestran que la temperatura de inicio (To) varió de 56 a 61 °C, temperatura de pico (Tp) de 58 a 64°C y la temperatura final (Te) de 61 a 67 °C, en todos los tubérculos sin tratamiento, lo que está en concordancia con lo reportado por Zhao, Shehzad, Yan, Li, & Wang (2017), quienes reportaron valores similares de 57,6 °C , 60,86 °C y 64, 23 °C para To, Tp y Te, respectivamente, en muestras de papas crudas.

La entalpía de gelatinización fue mayor en la muestra de papa con 1,66 J/g y menor en las muestras de mashua y melloco con 0,14 J/g, los resultados son semejantes a lo reportado por Romano et al.

(2018), quienes obtuvieron entalpías de gelatinización que variaron de 0,9 a 3,6-3,8 J / g para diferentes variedades de papa cruda.

Romano et al. (2016), señalan que por lo general los valores de ΔH para el almidón de papa es mayor a 10 J/g; pero al trabajar con las rodajas (tejido) de cada tubérculo se obtienen valores más bajos, posiblemente sea por el impedimento en la hinchazón y la gelatinización completa del almidón dentro del tejido por la presencia de células intactas o material celular.

Además, se conoce que los tubérculos no solo contienen el almidón como principal componente, sino también poseen otros componentes como materiales de la pared celular, proteínas y pectina, entre otros, que pueden influenciar en las mediciones de DSC (Wang y Copeland, 2012; Karlsson y Eliasson, 2003b).

Por otra parte, no se obtuvieron valores de las temperaturas de transición térmica y entalpía de gelatinización para muestras de tejido de papa, mashua, oca y melloco después de aplicar los tratamientos, puesto que al cocerlos a temperatura de ebullición ya había ocurrido la gelatinización del almidón, como lo señala Crespo (2012), quien afirma que desde los 50 °C, el almidón empieza su gelatinización y específicamente en la papa esto ocurre alrededor de los 62-68 °C. También Karlsson y Eliasson (2003a), para simular el proceso de escaldado en muestras de tejido de papa realizaron un primer escaneo en un DSC con un rango de temperatura de 10 a 74 °C y consiguieron muestras blanqueadas totalmente gelatinizadas; por lo cual, no se obtuvo ningún pico ocasionado por almidón no gelatinizado al realizar un segundo escaneo hasta 120 °C inmediatamente luego del enfriamiento.

4.1.4 Retrogradación

La retrogradación es el paso siguiente a la gelatinización y es muy utilizado para referirse al almidón de las papas cocidas (Karlsson & Eliasson, 2003b), comúnmente durante un período de almacenamiento (Zobel y Kulp, 1996).

Se puede definir a la retrogradación como una fase en la cual las moléculas de almidón gelatinizado, progresivamente vuelven a asociarse formando cristales (Srichuwong y Jane, 2007), lo que influye directamente en la textura, aceptabilidad y digestibilidad de los alimentos (Takahiro et al., 2005). La Tabla A-6 indica los valores obtenidos de retrogradación de la papa, mashua, oca y melloco sin tratamiento (Crudo).

Tabla N° 4: Valores promedio de las propiedades térmicas de retrogradación de los tubérculos en estudio sin tratamiento.

Tubérculos	To (°C)	Tp (°C)	Te (°C)	ΔH (J/g)
Papa	55,25 ± 0,25	55,64 ± 0,24	56,3 ± 0,16	1,56E-04 ± 1,48E-06
Mashua	52,84 ± 0,07	53,48 ± 0,23	54,05 ± 0,13	3,09E-04 ± 8,20E-07
Oca	48,44 ± 0,33	49,25 ± 0,35	50,14 ± 0,25	3,99E-04 ± 1,06E-05
Melloco	52,29 ± 0,05	52,97 ± 0,00	53,38 ± 0,01	3,25E-04 ± 5,09E-07

Elaborado por: Ing. Ximena González, 2018

Los datos señalan que la temperatura de inicio (To) varió de 48 a 55 °C, temperatura de pico (Tp) en un rango de 49 a 56 °C y la temperatura final (Te) de 50 a 56 °C, en todos los tubérculos sin tratamiento; lo que está en concordancia por lo obtenido por Karlsson y Eliasson (2003b), quienes encontraron una temperatura de pico máxima de 57 °C al trabajar con tejido de papa cruda. Los

datos también revelan una disminución en las temperaturas de retrogradación en comparación con las de gelatinización en muestras sin tratamiento; Robles (2012), observó un comportamiento similar en su estudio con almidón de papa.

Las entalpías de retrogradación en todos los tubérculos sin tratamiento descendieron de forma considerable en comparación con las entalpías de gelatinización de las muestras crudas, con un valor promedio de 1,56E-04 J/g para la papa, 3,09E-04 J/g para la mashua, 3,99E-04 J/g para oca y 3,25E-04 J/g para el melloco. Según Robles (2012), se debe a que es menor la energía necesaria para fundir las cadenas de almidón retrogradado.

En las Tablas A-5, A-6, A-7 y A-18 se indican los valores obtenidos de las propiedades térmicas de retrogradación de la papa, mashua, oca y melloco respectivamente, a los diferentes pH y tiempos de cocción y cuyos promedios se evidencian en las tablas 5, 6, 7 y 8.

Tabla N° 5: Valores promedio de las propiedades térmicas de retrogradación de la papa a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Papa				
Tratamientos	To (°C)	Tp (°C)	Te (°C)	ΔH (J/g)
a ₀ b ₀	57,41 ± 0,16	57,64 ± 0,23	57,89 ± 0,22	2,31E-05 ± 4,17E-07
a ₀ b ₁	57,45 ± 0,01	57,81 ± 0,00	58,16 ± 0,08	2,32E-05 ± 7,07E-08
a ₁ b ₀	57,37 ± 0,18	57,56 ± 0,12	57,77 ± 0,21	2,31E-05 ± 1,41E-07
a ₁ b ₁	57,14 ± 0,01	57,48 ± 0,01	57,66 ± 0,02	2,33E-05 ± 2,62E-07

a₀: pH 3
a₁: pH 7

b₀: 3 min
b₁: 5 min

Elaborado por: Ing. Ximena González, 2018.

Tabla N° 6: Valores promedio de las propiedades térmicas de retrogradación de la mashua a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Mashua				
Tratamientos	To (°C)	Tp (°C)	Te (°C)	ΔH (J/g)
a ₀ b ₀	54,83 ± 0,61	55,09 ± 0,58	55,31 ± 0,52	1,59E-05 ± 3,61E-07
a ₀ b ₁	55,28 ± 0,04	55,59 ± 0,12	55,86 ± 0,12	1,64E-05 ± 3,54E-07
a ₁ b ₀	55,44 ± 0,25	55,69 ± 0,21	55,96 ± 0,17	1,58E-05 ± 1,91E-07
a ₁ b ₁	55,05 ± 0,28	55,25 ± 0,35	55,58 ± 0,42	1,54E-05 ± 3,61E-07

a₀: pH 3
 a₁: pH 7

 b₀: 3 min
 b₁: 5 min

Elaborado por: Ing. Ximena González, 2018.

Tabla N° 7: Valores promedio de las propiedades térmicas de retrogradación de la oca a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Oca				
Tratamientos	To (°C)	Tp (°C)	Te (°C)	ΔH (J/g)
a ₀ b ₀	50,66 ± 0,38	51,09 ± 0,35	51,64 ± 0,14	4,87E-05 ± 1,24E-06
a ₀ b ₁	51,12 ± 0,30	51,43 ± 0,35	51,73 ± 0,31	4,92E-05 ± 1,02E-06
a ₁ b ₀	50,425 ± 0,01	51,00 ± 0,00	51,55 ± 0,10	4,86E-05 ± 3,75E-07
a ₁ b ₁	50,62 ± 0,52	51,01 ± 0,72	51,51 ± 0,97	4,84E-05 ± 7,85E-07

a₀: pH 3
 a₁: pH 7

 b₀: 3 min
 b₁: 5 min

Elaborado por: Ing. Ximena González, 2018

Tabla N° 8: Valores promedio de las propiedades térmicas de retrogradación del melloco a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Melloco				
Tratamientos	To (°C)	Tp (°C)	Te (°C)	ΔH (J/g)
a ₀ b ₀	55,50 ± 0,08	55,82 ± 0,01	56,18 ± 0,10	4,30E-05 ± 6,01E-07
a ₀ b ₁	55,09 ± 0,09	55,50 ± 0,00	55,79 ± 0,07	4,26E-05 ± 2,83E-08
a ₁ b ₀	55,09 ± 0,41	55,57 ± 0,13	55,86 ± 0,23	4,30E-05 ± 5,87E-07
a ₁ b ₁	55,15 ± 0,42	55,65 ± 0,23	56,03 ± 0,08	4,25E-05 ± 2,12E-08

a₀: pH 3
a₁: pH 7

b₀: 3 min
b₁: 5 min

Elaborado por: Ing. Ximena González, 2018.

Los datos muestran que en la papa a los diferentes tratamientos, las temperaturas de retrogradación de inicio (To) variaron de 57,14 a 57,35 °C, temperatura de pico (Tp) de 57,5 a 57,81 °C y temperatura final (Te) de 57,7 a 58,16 °C. En la mashua cambiaron de 54,83 a 55,44 °C; de 55,09 a 55,65 °C de 55,31 a 55,96 °C para To, Tp y Te, respectivamente.

En la oca To varió de 50,43 a 51,12 °C, Tp de 51,00 a 51,43 °C y Te de 51,51 a 51,73 °C. Finalmente, el melloco presentó valores de 55,09 a 55,50 °C para To, 55,50 a 55,82 °C para Tp y 55,79 a 56,18 °C para Te.

En consecuencia, se observó que las temperaturas de retrogradación de inicio (To), pico (Tp) y final (Te) en la papa, mashua, oca y melloco, incrementaron su valor de 1 a 3°C en relación a las temperaturas de retrogradación de sus respectivas muestras crudas. Sin embargo, las entalpías

tuvieron un descenso mínimo en todos los tubérculos en comparación a las entalpías de retrogradación de las muestras sin tratamiento y un descenso considerable en relación a las entalpías de gelatinización; resultados similares a los reportados por Karlsson y Eliasson (2003a), quienes determinaron que al almacenar a 6 °C las muestras de tejido de papa que fueron previamente escaldadas, ocasionó la retrogradación del almidón con valores de ΔH muy bajos.

El análisis de varianza al 95 % de nivel de confianza, demostró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos sobre T_0 , T_p , T_e y ΔH retrogradado en la papa, mashua, oca y melloco (Tablas B-5 a B-20).

Cabe mencionar que Santacruz, Ruales y Eliasson (2003) determinaron que el pH no influyo al analizar la entalpía y temperaturas de gelatinización en una solución de almidón de pH 3, lo que corroboraría lo antes señalado.

En el Anexo C se muestran los termogramas de gelatinización y retrogradación para una muestra ejemplo determinada por calorimetría diferencial de barrido.

4.2 Verificación de hipótesis.

En el presente trabajo se rechaza la hipótesis nula que indica que el pH y tiempo de cocción no tienen influencia significativa en la textura, gelatinización y retrogradación de papa, mashua, oca y melloco.

Por consiguiente, se acepta la hipótesis alternativa, es decir el pH y tiempo de cocción influyen en la textura, gelatinización y retrogradación de papa, mashua, oca y melloco.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- A nivel experimental y en condiciones de laboratorio se estableció la influencia del pH ácido, básico, neutro y tiempos de cocción en la retrogradación de los tubérculos. Los resultados estadísticos señalaron que no hubo diferencia significativa en la retrogradación en los diferentes tratamientos, no obstante, con relación a sus respectivas muestras sin tratamiento (crudas), se evidenció un incremento en las temperaturas de inicio, pico, final y un descenso mínimo en la entalpía.
- La variación en la textura calculada por la dureza en la papa, mashua, oca y melloco se vio influenciada por el pH y tiempo de cocción, con valores altos a pH 3 y tiempo de cocción 3 minutos, por el contrario, a pH 10 y tiempo de cocción 10 minutos se obtuvo los valores más bajos.
- El análisis en el calorímetro diferencial de barrido permitió evaluar las propiedades térmicas de retrogradación en cada tubérculo; se determinó valores más bajos en las temperaturas de inicio, pico, final y un descenso considerable en la entalpía en comparación a las muestras de gelatinización.
- Todos los tratamientos alcanzaron una gelatinización completa del almidón, tanto en la papa, mashua, oca y melloco; con lo cual se puede deducir que desde el punto de vista culinario o digestivo los tubérculos estarían en una situación adecuada para su consumo. Sin embargo, para definir el pH y tiempo de cocción óptimo se necesitaría realizar más

pruebas que involucren un análisis de tipo sensorial, almidón extraído y composición química.

5.2 Recomendaciones

- Evaluar sensorialmente el efecto de los diferentes pH y tiempo de cocción en la papa, mashua, oca y melloco.
- Trabajar con el almidón extraído para determinar si existe cambios en las propiedades de gelatinización y retrogradación en cada tubérculo.
- Usar diferentes métodos de cocción para establecer diferencias en la textura.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Datos informativos

- **Título:** Obtención de los valores de textura y retrogradación de papa (*Solanum tuberosum*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*) y melloco (*Ullucus tuberosus*) a pH 3 y tiempo de cocción 5 minutos.
- **Institución ejecutora:** Universidad Técnica de Ambato – Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
- **Beneficiarios:** Industria alimentaria que busca producir e incentivar el consumo de tubérculos andinos.
- **Ubicación:** Ambato – Ecuador
- **Tiempo estimado para la ejecución:** 7 meses
- **Equipo técnico responsable:** Ing. Ximena González, Dra. Mayra Paredes Escobar
- **Costo:** \$ 2714

6.2 Antecedentes de la propuesta

Las tendencias nacionales de producción y consumo demuestran que a nivel nacional las raíces y tubérculos andinos (RTAs) son utilizados como alimento de subsistencia (Barrera et al., 2004). Además, son un componente básico en la dieta de los ecuatorianos tanto de pobladores de la región interandina, como también del Litoral y Amazonía (Maza y Aguirre, 2002).

Los nuevos hábitos alimenticios en pro de una buena salud, ha impulsado a que la población busque alimentos funcionales que le proporcionen nutrientes, convirtiéndoles a las RTAs en un mercado potencial, porque presentan nutrientes y metabolitos secundarios. (Villacres et al., 2013).

La textura es un factor esencial en la percepción de los consumidores sobre la calidad de los productos agroalimentarios. Por ejemplo, se conoce que el almidón representa la sustancia predominante en las patatas, por lo tanto, las propiedades del almidón y los cambios que ocurren en estas propiedades durante la cocción deben ser considerados al explicar las variaciones en la textura. Los cambios estructurales en las papas cocidas se asocian principalmente con el comportamiento de gelatinización y retrogradación del almidón y con cambios enzimáticos y no enzimáticos en la pectina (García-Segovia et al., 2007).

Estudios realizados por (Andrés-Bello et al., 2013) mencionan que el pH afecta el color y la textura de los productos alimenticios y la comprensión de la dirección del cambio es muy importante para modificar el resultado final.

Linares, Vergara y Hase (2005) afirman en su investigación que durante la cocción en agua a ebullición de dos variedades de mandioca (Pombery y Concepción), las muestras presentaron variaciones significativas en las propiedades texturales.

6.3 Justificación

El proceso y tiempo de cocción, al igual que el pH del agua influyen en las reacciones químicas de la textura de los tubérculos; por lo cual, es de gran importancia medir los cambios texturales, entalpías, temperaturas de gelatinización y retrogradación, dado que están vinculados con las

características organolépticas y fisicoquímicas de significancia en la producción y almacenamiento (Linares et al., 2005).

En consecuencia, los valores de textura y retrogradación a un pH del agua de 3 y 5 minutos de cocción en cada tubérculo, permitiría tomarlos como referencia para el procesamiento de cada tubérculo.

6.4 Objetivos

6.4.1 Objetivo General

- Obtener los valores de textura y retrogradación de papa (*Solanum tuberosum*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*) y melloco (*Ullucus tuberosus*) a pH 3 y tiempo de cocción 5 minutos.

6.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades fisicoquímicas de cada tubérculo obtenido.
- Establecer el efecto de la utilización de un ácido en el agua de cocción sobre la calidad final de la papa, mashua, oca y melloco.
- Evaluar los atributos organolépticos para determinar la aceptabilidad.

6.5 Análisis de factibilidad

El proyecto de investigación es de tipo tecnológico, ya que con ello es posible implementar una nueva metodología para obtener valores de textura, gelatinización, retrogradación de papa, mashua, oca y melloco a un pH y tiempo de cocción óptimos, procurando así encaminar al consumo de un alimento nutritivo y el mismo se convierta en un atractivo para el consumidor.

El análisis de factibilidad es además de carácter socio económico y ambiental, puesto que se incentivará el interés en la producción de la papa, mashua, oca y melloco, incrementando su comercialización y consumo.

6.6 Fundamentación

Hortalizas frescas

-Norma Técnica Ecuatoriana 1516:2012 para Hortalizas frescas. Papas. Requisitos.

-Norma Técnica Ecuatoriana 1831:2012 para Hortalizas frescas. Melloco. Requisitos.

Proceso de cocción

Establecer un pH 3 del agua y 5 minutos de cocción, se basa en una previa selección del procedimiento más apropiado en base a antecedentes de los parámetros texturales y termogramas realizados Universidad Técnica de Ambato – Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

6.7 Metodología

Tabla N° 3: Modelo Operativo (Plan de acción)

Fases	Metas	Actividades	Responsables	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formulación de la propuesta	Obtener valores de textura, gelatinización, retrogradación de papa, mashua, oca y melloco a un pH y tiempo de cocción óptimos.	Revisión bibliográfica	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 350	1 mes
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Cronograma de propuesta	Pruebas preliminares	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 760	2 meses
3. Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta	Determinación de textura y termogramas de DSC para cada tubérculo.	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 1150	3 meses
4. Evaluación de la propuesta	Comprobación del proceso	Cálculos estadísticos y evaluación de resultados.	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 454	1 mes

Elaborado por: Ximena González, 2018.

6.8 Administración

La ejecución de la propuesta estará coordinada por los responsables del proyecto Dra. Mayra Paredes e Ing. Ximena González.

Tabla N°4: Administración de la propuesta.

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
Obtención de valores de textura, gelatinización y retrogradación de papa, mashua, oca y melloco a pH 3 y tiempo de cocción 5 minutos.	Baja producción y comercialización de tubérculos andinos.	Monitoreo de los valores de textura, gelatinización y retrogradación de papa, mashua, oca y melloco a pH 3 y tiempo de cocción 5 minutos	Análisis físico-químicos de cada tubérculo después del proceso Analizar el termograma obtenido después de cada tratamiento Valoración sensorial	Investigador

Elaborado por: Ing. Ximena González, 2018.

6.9 Previsión de la evaluación

Tabla N°5: Previsión de la evaluación

Preguntas Básicas	Explicación
¿Quiénes solicitan evaluar?	Productores de papa, mashua, oca y melloco Industria productora y comercializadora de raíces y tubérculos andinos Consumidores

¿Por qué evaluar?	Verificar la calidad del producto final Corregir errores en la tecnología de elaboración
¿Para qué evaluar?	-Determinar la tecnología adecuada para el tiempo de cocción a un pH apropiado
¿Qué evaluar?	Tecnología utilizada. Materias primas. Resultados obtenidos Producto terminado
¿Quién evalúa?	Investigador
¿Cuándo evaluar?	Todo el tiempo desde las pruebas preliminares, hasta la obtención de datos de dureza
¿Cómo evaluar?	Utilizando equipos e instrumentos de evaluación.
¿Con qué evaluar?	Experimentación. Normas establecidas

Elaborado por: Ing. Ximena González, 2018

BIBLIOGRAFÍA

- Andrés-Bello, A., Barreto-Palacios, V., García-Segovia, P., Mir-Bel, J., y Martínez-Monzó, J. (2013). Effect of pH on Color and Texture of Food Products. *Food Eng Rev*, 5(3), 158–170. doi: 10.1007/s12393-013-9067-2
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. México: Pearson
- Barrera, V., Tapia, C. y Monteros, A. (2004). Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Centro Internacional de la Papa. Quito, Ecuador - Lima, Perú. 176 p.
- Barrón, C., Duarte, C., Frankignoulle, M. y Borges, A. (2006). Organic carbon metabolism and carbonate dynamics in a Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadow. *Estuar Coasts* 29, 417–426
- Bello, J. (1999). *Ciencia y tecnología culinaria*. Madrid, España: Ed. Díaz de Santos.
- Callia, B., Schoenmaekers, K., Vanbroekhoven, K. y Diels, L. (2008). Dark fermentative H₂ production from xylose and lactose effects of on-line pH control. *Int J Hydrog Energy*, 33, 522–530
- Chang, R., y Goldsby, K. A. (2013). *Química*. D.F, México: McGraw-Hill.
- Córdova, J. (2003). *Raíces y Tubérculos andinos: alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador*. Quito-Ecuador.
- Coultate, T. (2009). Food: The Chemistry of its Components. Inglaterra. 5: 501.
- Crespo, G.M. (2012). *Estudio del proceso de cocción en patata "Violette"*. (Tesis de Maestría). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10251/14364>

- Demonte, P. (1995). *Evaluación sensorial de la textura y búsqueda de correlaciones con medidas instrumentales*. Cali, Colombia. Universidad del Valle. p. 8-20
- Devaux, A., Ordinola, M., Hibon, A. y Flores, R. (2010). El sector papa en la región andina: Diagnostico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú). Lima (Peru). *Centro Internacional de la Papa*. Recuperado de <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/08/005363.pdf>
- Espín, S., Villacrés, E. y Brito, B. (2004). Caracterización Físico-Química, Nutricional y Funcional de las Raíces y Tubérculos Andinos. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Centro Internacional de la Papa, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Quito, Ecuador - Lima, Perú.
- Eliasson, A. C. (2010). *Gelatinization and retrogradation of starch in foods and its implications for food quality. Chemical Deterioration and Physical Instability of Food and Beverages*. Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9781845699260.2.296>
- FAOSTAT. (2012). Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Database. Roma, Italy
- Fellows, P. (2000). *Food processing technology: principles and practice*. New York: Cork. CRC Press, p. 45
- García-Segovia, P., Andrés-Bello, A., y Martínez-Monzó, J. (2007). Textural properties of potatoes. (*Solanum tuberosum* L., cv. Monalisa), as affected by different cooking processes. *Journal of Food Engineering*, 88(1), 28–35. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2007.12.001
- Gastronomía & Cía. (2008). Métodos de cocción: Hervir. Recuperado de: <http://gastronomiaycia.republica.com/2008/06/02/metodos-de-coccion-hervir/>

- Grau, A., Ortega, R., Nieto, C. y Hermann, M. (2003). Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav.). International Potato Center, Lima - Perú, International Plant Genetic Resources Institute, Roma- Italia. Recuperado de http://www.bioversityinternational.org/uploads/tx_news/Mashua__Tropaeolum_tuberosum_Ru%C3%ADz__amp__Pav._880.pdf
- Hernández, Fernández y Batista. (2008). Metodología de la Investigación. Edición Mac Graw Hill. México. 850 págs.
- Herrera, E.; Medina, F. y Naranjo, L. (2008). Tutoría de la Investigación. Edición Universitaria. Ambato, Ecuador. 250. págs.
- International Potato Center. (2016). Recuperado de <https://cipotato.org/es/potato/>
- Jimenez, M.E., Rossi, A.M. and Sammán, N.C. (2015) Changes during Cooking Processes in 6 Varieties of Andean Potatoes (*Solanum tuberosum* ssp. *Andinum*). *American Journal of Plant Sciences*, 6, 725-736.
- Kadam, S. U., Tiwari, B. K., & Donnell, C. P. O. (2015). *Improved thermal processing for food texture modification. Modifying Food Texture* (Vol. 1). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-333-1.00006-1>
- Karlsson, M. E., & Eliasson, A. C. (2003a). Effects of time/temperature treatments on potato (*Solanum tuberosum*) starch: A comparison of isolated starch and starch in situ. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(15), 1587–1592. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1583>
- Karlsson, M. E., & Eliasson, A. C. (2003b). Gelatinization and retrogradation of potato (*Solanum tuberosum*) starch in situ as assessed by differential scanning calorimetry (DSC). *LWT - Food Science and Technology*, 36(8), 735–741. <https://doi.org/10.1016/S0023->

6438(03)00093-8

- Kaur, L., Singh, N., Singh Sodhi, N., & Singh Gujral, H. (2002). Some properties of potatoes and their starches I. Cooking, textural and rheological properties of potatoes. *Food Chemistry*, 79(2), 177–181. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00129-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00129-2)
- Linares, A. R., Vergara, M. L., y Hase, S. L. (2005). Efecto de la Cocción sobre los Parámetros Texturales de dos Variedades de Mandioca. *Información tecnológica*, 16(5), 3-9.
- Lu, R. y Chen, Y. (1998). Characterization of nonlinear elastic properties of beef products under large deformation. *En: Transactions of the ASAE*, 41(1), 163-168.
- Mancero, L. (2007). Estudio de la Cadena de la Papa. Proyecto FAO.ESAE - CIP. Recuperado de <ftp://ftp.fao.org/es/esa/lisfame/CadenaPapaEcuFinalEspa%F1ol.pdf>
- Maza, B. y Aguirre, Z. (2002). Diversidad de tubérculos andinos en el Ecuador. *Herbario “Reinaldo Espinosa” - LOJA*. Recuperado de <http://www.joethejuggler.com/Funbotanica/10tubers.html>
- Medina, T. (2003). Proyecto: Conservación, manejo y uso sostenible de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos en la sierra del Perú. Recuperado de www.inia.gob.pe/genetica/fito.htm
- Nourian, F., Ramaswamy, H.S. and Kushalappa A.C. (2003). Kinetic changes in cooking quality of potatoes stored at different temperatures. *Journal of Food Engineering* 60, 257–266.
- Oey, M., Loeya, A. and Hendrickxa, M. (2008). Effect of high pressure processing on color, texture and flavour of fruit and vegetable-based food products: a review. *Trends Food Sci Technol*, 19, 320–328

- Palate, J. (2013). Estudio del efecto de la temperatura y el tiempo en las características físico-químicas y sensoriales de la oca (*Oxalis tuberosa*) durante su maduración. Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Recuperado de <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3165/1/AL502.pdf>
- Patel, J.K., Patel, N.M. and Shiyani, R.L. (2001). Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof-an empirical study. *Curr. Sci.* 81(9):1163-1164
- Peralta, R. (2003). Alimentos tratados por el calor. *Eroski Consumer*. Recuperado de: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-yconsumo/2003/09/26/8513.php>
- Pimentel, F. (1985). Curso de estadística experimental. Livraria Nobel S.A., São Paulo, Brasil.
- Pumisacho, M y Sherwood, S. (2002). El cultivo de la Papa en Ecuador. Editorial INIAP-CIP. Quito, Ecuador.
- Robles, M. del P. (2012). *Universidad Austral de Chile Universidad Austral de Chile*. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfciu.41i/doc/bmfciu.41i.pdf>
- Rodriguez, V. (2008). Bases de la alimentación humana. La Coruña-España: Netbiblo.
- Romano, A., Mackie, A., Farina, F., Aponte, M., Sarghini, F., and Masi, P. (2016). Characterisation, in vitro digestibility and expected glyceic index of commercial starches as uncooked ingredients. *Journal of Food Science and Technology*, 53(12), 4126-4134.
- Romano, A., Masi, P., Aversano, R., Carucci, F., Palomba, S., & Carputo, D. (2018). Microstructure and tuber properties of potato varieties with different genetic profiles. *Food Chemistry*, 239, 789–796. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.010>
- Roudot, A. (2004). *Reología y análisis de la textura de los alimentos*. Zaragoza, España: ACRIBIA.

- Saltos, H. (2010). *Sensometría: Análisis en el Desarrollo de Alimentos Procesados*. Ambato, Ecuador: Editorial Pedagógica Freire.
- Sandoval, A., Rodriguez, E. y Fernandez, A. (2004). Aplicación del Análisis por Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) para la Caracterización de las Modificaciones del Almidón. *Dyna*, 146, 45-53
- Santacruz, S., Ruales, J., Eliasson, a. C. (2003). Three under utilized sources of starch from the Andean region in Ecuador. Part III. Rheological characterization. *Carbohydrate Polymers*, 51, 85–92.
- Şerban, A. M., Trifan, M., Nistor, O., Andronoiu, D. G., Mocanu, G. D., & Botez, E. (2014). Effects of Boiling on Physico-Chemical Properties , Texture and Quality of Potatoes, 2(1), 41–48.
- Srichuwong, S., and Jane, J. (2007). Physicochemical properties of starch affected by molecular composition and structures: a review. *Food Science and Biotechnology*, 16(5), 663-674
- Stipl, V., Delgado, A. and Becker, T. (2004). Development of a method for the optical in situ determination of pH value during high-pressure treatment of fluid food. *Innov Food Sci Emerg* 5, 285–292
- Stipl, V., Delgado, A. y Becker, T. (2004). *Development of a method for the optical in situ determination of pH value during high-pressure treatment of fluid food. Innov Food Sci Emerg*, 5, 285–292
- Suquilanda, M. (2010). Producción orgánica de cultivos andinos (Manual Técnico). FAO-UNOCANC-MAGAP.
- Takahiro, N., Shigenobu, T., Chie, M., Sun-Ju, K., Naoto, H., Yamauchi, H., Isao, H. and Yasuhito, T. (2005). Physicochemical properties and amylopectin structures of large,

small, and extremely small potato starch granules. *Carbohydrate Polymers* 60(2): 245 – 251

- Tian, J., Chen, S., Wu, C., Chen, J., Du, X., Chen, J., ... Ye, X. (2016). Effects of preparation methods on potato microstructure and digestibility: An in vitro study. *Food Chemistry*, 211, 564–569. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.05.112
- Tunick, M. (2000). Rheology of dairy foods that gel, stretch, and fracture. *En: Journal of Dairy Science*, 83(8), 1892-1898.
- Villacres, E y Ruíz, F. (2002). Raíces y tubérculos andinos: alimentos de ayer para la gente de hoy. Recetas para una alimentación sana y nutritiva. Proyecto integral las Huacanas. Dpto de nutrición y calidad de alimentos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador.
- Villacres, E., Quelal, M. y Álvarez, J. (2013). Nutrición, Procesamiento y Gastronomía de Raíces y Tubérculos Andinos en Ecuador: Una Revisión Bibliográfica de Papa, Melloco, Oca, Mashua, Zanahoria Blanca y Jícama. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) - Centro Internacional de la Papa. Quito, Ecuador. 139 p.
- Wang, S., and Copeland, L. (2012). Phase Transitions of Pea Starch over a Wide Range of Water Content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 6439–6446.
- Zheng, J., Zhang, F. S., Song, J. X., Lin, M., & Kan, J. Q. (2013). Effect of blanching and drying treatments on quality of bamboo shoot slices. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(2), 531–540.
- Zhao, W., Shehzad, H., Yan, S., Li, J., & Wang, Q. (2017). Acetic acid pretreatment improves the hardness of cooked potato slices. *Food Chemistry*, 228, 204–210. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.01.156

- Zobel, H. F., and Kulp, K. (1996). The staling mechanism. In Hebeda, R. E. & Zobel, H. F. (Eds.) Baked goods freshness. technology, evaluation, and inhibition of staling. New York, Marcel Dekker
- Zuñiga, A., Velazquez, H. y Osorio, J. (2007). *Estudio de la dureza del queso Edam por medio de análisis de perfil de textura y penetrometria por esfera. Rev.Fac.Nal.Agr, 60(1), 3797-3811.*

ANEXOS

ANEXO A

**RESPUESTAS
EXPERIMENTALES**

Tabla A-1. Valores de dureza de la papa a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Tratamientos	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Promedio	CV (%)
	(N)									
a ₀ b ₀	97,80	104,67	105,06	98,79	94,74	96,56	86,68	98,87	97,90 ± 5,81	5,94
a ₀ b ₁	13,94	14,33	18,25	16,6	15,42	18,09	17,88	15,76	16,28 ± 1,69	10,41
a ₀ b ₂	8,57	8,85	7,47	7,73	5,35	7,88	9,49	8,66	8,00 ± 1,26	15,74
a ₀ b ₃	3,90	3,50	3,17	4,79	3,52	4,6	3,81	4,18	3,93 ± 0,56	14,24
a ₁ b ₀	16,65	15,38	20,26	18,62	17,8	18,77	17,63	14,19	17,41 ± 1,95	11,22
a ₁ b ₁	8,52	9,23	10,64	8,95	7,13	11,99	10,98	7,07	9,31 ± 1,78	19,15
a ₁ b ₂	7,40	5,63	4,33	7,87	6,77	6,79	7,40	6,61	6,60 ± 1,14	17,23
a ₁ b ₃	3,28	3,63	2,79	2,31	3,8	3,15	3,85	3,30	3,26 ± 0,52	16,02
a ₂ b ₀	12,98	11,77	15,63	11,74	16,37	12,41	12,27	14,26	13,43 ± 1,79	13,31
a ₂ b ₁	8,42	9,78	8,31	7,06	7,11	8,41	8,1	5,81	7,88 ± 1,19	15,15
a ₂ b ₂	5,89	4,79	6,01	6,24	6,07	4,33	5,04	4,42	5,35 ± 0,79	14,74
a ₂ b ₃	2,67	3,58	2,56	3,06	2,57	3,61	2,48	3,16	2,96 ± 0,46	15,55

a₀: pH 3
a₁: pH 7
a₂: pH 10

b₀: 3 min
b₁: 5 min
b₂: 7 min
b₃: 10 min

Tabla A-2. Valores de dureza de la mashua a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Tratamientos	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Promedio	CV (%)
	(N)									
a ₀ b ₀	98,28	90,57	94,06	98,57	100,06	93,27	89,54	95,09	94,93 ± 3,82	4,03
a ₀ b ₁	66,21	76,53	87,22	99,42	87,16	96,06	67,50	80,14	82,53 ± 12,22	14,81
a ₀ b ₂	63,10	57,34	60,28	63,51	67,62	77,6	56,66	61,05	63,40 ± 6,73	10,61
a ₀ b ₃	25,22	23,77	36,51	27,56	23,85	32,55	25,11	24,95	27,44 ± 4,65	16,94
a ₁ b ₀	79,96	80,03	83,18	62,51	65,49	78,87	66,70	72,56	73,66 ± 7,92	10,75
a ₁ b ₁	50,95	41,98	53,46	43,12	46,96	44,51	45,49	40,89	45,92 ± 4,38	9,53
a ₁ b ₂	40,76	35,15	34,16	25,93	38,90	34,45	25,20	34,73	33,66 ± 5,52	16,40
a ₁ b ₃	14,99	15,31	10,75	18,31	14,14	11,92	16,86	13,85	14,52 ± 2,46	16,92
a ₂ b ₀	74,15	78,36	64,88	60,63	64,99	70,43	63,66	75,13	69,03 ± 6,38	9,25
a ₂ b ₁	38,85	28,10	32,76	35,39	33,08	24,87	27,10	35,24	31,92 ± 4,79	15,01
a ₂ b ₂	17,12	15,84	17,99	23,44	18,17	14,95	18,06	16,10	17,71 ± 2,60	14,68
a ₂ b ₃	11,62	12,75	9,23	8,31	13,37	11,68	13,16	10,72	11,36 ± 1,84	16,18

a₀: pH 3
a₁: pH 7
a₂: pH 10

b₀: 3 min
b₁: 5 min
b₂: 7 min
b₃: 10 min

Tabla A-3. Valores de dureza de la oca a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Tratamientos	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Promedio	CV(%)
	(N)									
a ₀ b ₀	101,65	115,35	100,38	106,49	100,62	108,44	106,64	106,09	105,71 ± 4,97	4,70
a ₀ b ₁	80,03	83,21	86,46	75,79	79,74	70,92	69,08	66,02	76,41 ± 7,21	9,43
a ₀ b ₂	51,86	52,8	64,33	53,4	50,73	61,79	57,72	73,23	58,23 ± 7,79	13,38
a ₀ b ₃	57,73	53,83	34,63	44,66	45,83	39,83	43,98	47,09	45,95 ± 7,30	15,89
a ₁ b ₀	102,8	75,67	78,47	82,54	97,45	80,8	96,68	96,67	88,89 ± 10,54	11,85
a ₁ b ₁	76,68	72,65	60,36	70,04	63,25	80,51	78,16	69,31	71,37 ± 7,10	9,94
a ₁ b ₂	51,61	62,28	43,66	52,2	47,01	58,33	39,67	57,82	51,57 ± 7,79	15,11
a ₁ b ₃	34,99	38,42	27,12	26,39	32,09	27,47	33,81	29,16	31,18 ± 4,34	13,92
a ₂ b ₀	65,29	75,3	75,12	55,9	60,94	77,35	55,97	68,15	66,75 ± 8,68	13,00
a ₂ b ₁	48,4	56,31	50,09	66,98	55,54	63,04	76,04	57,55	59,24 ± 9,13	15,40
a ₂ b ₂	37,14	38,94	49,44	43,74	51,98	50,88	48,14	52,34	46,58 ± 5,94	12,75
a ₂ b ₃	30,94	23,78	31,8	22,26	33,19	32,01	30,5	24,62	28,64 ± 4,33	15,12

a₀: pH 3
a₁: pH 7
a₂: pH 10

b₀: 3 min
b₁: 5 min
b₂: 7 min
b₃: 10 min

Tabla A-4. Valores de dureza del melloco a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Tratamientos	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Promedio	CV (%)
	(N)									
a ₀ b ₀	90,37	68,39	96,62	65,33	70,64	68,65	75,31	86,89	77,78 ± 11,83	15,21
a ₀ b ₁	49,46	65,14	63,36	64,81	57,8	52,14	70,3	72,14	61,89 ± 8,14	13,14
a ₀ b ₂	28,02	23,15	35,38	25,35	29,84	33,07	31,05	27,31	29,15 ± 4,02	13,81
a ₀ b ₃	21,34	28,31	24,19	18,15	19,76	25,34	20,1	19,64	22,10 ± 3,49	15,78
a ₁ b ₀	84,37	56,77	77,65	83,76	79,6	70,6	79,78	57,78	73,79 ± 11,03	14,95
a ₁ b ₁	43,87	47,28	39,37	59,41	45,94	55,09	44,94	54,47	48,80 ± 6,79	13,92
a ₁ b ₂	25,7	24,91	30,29	27,53	23,15	19,46	27,39	28,69	25,89 ± 3,42	13,22
a ₁ b ₃	21,45	23,04	24,55	24,13	17,01	20,38	18,39	18,19	20,89 ± 2,87	13,74
a ₂ b ₀	50,03	55,12	70,65	72,78	75,93	62,12	58,24	62,17	63,38 ± 9,06	14,30
a ₂ b ₁	33,18	36,08	32,42	44,77	30,17	41,21	44,06	42,36	38,03 ± 5,75	15,11
a ₂ b ₂	18,69	19,27	21,17	20,12	15,86	20,69	25,23	20,1	20,14 ± 2,63	13,06
a ₂ b ₃	18,82	16,66	20,14	17,7	18,41	13,21	15,2	16,67	17,10 ± 2,18	12,77

a₀: pH 3
a₁: pH 7
a₂: pH 10

b₀: 3 min
b₁: 5 min
b₂: 7 min
b₃: 10 min

Tabla A-5. Valores de las propiedades térmicas de retrogradación de la papa a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Tratamientos	To (°C)	Tp (°C)	Te (°C)	ΔH (J/g)
a0b0 R1	57,29	57,47	57,73	2,34E-05
a0b0 R2	57,52	57,8	58,04	2,28E-05
Promedio	57,405	57,635	57,885	2,31E-05
Desv. Est	0,16	0,23	0,22	4,17E-07 2,31E-05
a0b1 R1	57,45	57,81	58,1	
a0b1 R2	57,44	57,81	58,22	2,32E-05
Promedio	57,445	57,81	58,16	2,32E-05
Desv. Est	0,01	0,00	0,08	7,07E-08 2,32E-05
a1b0 R1	57,5	57,64	57,91	
a1b0 R2	57,24	57,47	57,62	2,30E-05
Promedio	57,37	57,555	57,765	2,31E-05
Desv. Est	0,18	0,12	0,21	1,41E-07 2,35E-05
a1b1 R1	57,13	57,49	57,67	
a1b1 R2	57,15	57,47	57,64	2,32E-05
Promedio	57,14	57,48	57,655	2,33E-05
Desv. Est	0,01	0,01	0,02	2,62E-07

a₀: pH 3
a₁: pH 7

b₀: 3 min
b₁: 5 min

Tabla A-6. Valores de las propiedades térmicas de retrogradación de la mashua a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Tratamiento	To (°C)	Tp (°C)	Te (°C)	ΔH (J/g)
a0b0 R1	54,4	54,68	54,94	1,57E-05
a0b0 R2	55,26	55,5	55,68	1,62E-05
Promedio	54,83	55,09	55,31	1,59E-05
Desv. Est	0,61	0,58	0,52	3,61E-07
a0b1 R1	55,31	55,67	55,94	1,67E-05

a₀b₁ R2	55,25	55,5	55,77	1,62E-05
Promedio	55,28	55,585	55,855	1,64E-05
Desv. Est	0,04	0,12	0,12	3,54E-07
a₁b₀ R1	55,62	55,83	56,08	1,57E-05
a₁b₀ R2	55,26	55,54	55,84	1,60E-05
Promedio	55,44	55,685	55,96	1,58E-05
Desv. Est	0,25	0,21	0,17	1,91E-07
a₁b₁ R1	54,85	55	55,28	1,56E-05
a₁b₁ R2	55,24	55,5	55,87	1,51E-05
Promedio	55,045	55,25	55,575	1,54E-05
Desv. Est	0,28	0,35	0,42	3,61E-07

a₀: pH 3
a₁: pH 7

b₀: 3 min
b₁: 5 min

Tabla A-7. Valores de las propiedades térmicas de retrogradación de la oca a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Tratamiento	To (°C)	Tp (°C)	Te (°C)	ΔH (J/g)
a₀b₀ R1	50,93	51,33	51,74	4,78E-05
a₀b₀ R2	50,39	50,84	51,54	4,96E-05
Promedio	50,66	51,085	51,64	4,87E-05
Desv. Est	0,38	0,35	0,14	1,24E-06
a₀b₁ R1	51,33	51,68	51,95	5,00E-05
a₀b₁ R2	50,91	51,18	51,51	4,85E-05
Promedio	51,12	51,43	51,73	4,92E-05
Desv. Est	0,30	0,35	0,31	1,02E-06
a₁b₀ R1	50,42	51	51,62	4,89E-05
a₁b₀ R2	50,43	51	51,48	4,84E-05
Promedio	50,425	51	51,55	4,86E-05
Desv. Est	0,01	0,00	0,10	3,75E-07
a₁b₁ R1	50,25	50,5	50,82	4,78E-05

a₁b₁ R2	50,98	51,52	52,19	4,89E-05
Promedio	50,615	51,01	51,505	4,84E-05
Desv. Est	0,52	0,72	0,97	7,85E-07

a₀: pH 3
a₁: pH 7

b₀: 3 min
b₁: 5 min

Tabla A-8. Valores de las propiedades térmicas de retrogradación del melloco a los diferentes pH y tiempos de cocción.

Tratamiento	To (°C)	Tp (°C)	Te (°C)	ΔH (J/g)
a₀b₀ R1	55,44	55,81	56,25	4,34E-05
a₀b₀ R2	55,55	55,83	56,11	4,26E-05
Promedio	55,495	55,82	56,18	4,30E-05
Desv. Est	0,08	0,01	0,10	6,01E-07
a₀b₁ R1	55,02	55,5	55,84	4,26E-05
a₀b₁ R2	55,15	55,5	55,74	4,25E-05
Promedio	55,085	55,5	55,79	4,26E-05
Desv. Est	0,09	0,00	0,07	2,83E-08
a₁b₀ R1	54,8	55,48	55,69	4,26E-05
a₁b₀ R2	55,38	55,66	56,02	4,34E-05
Promedio	55,09	55,57	55,855	4,30E-05
Desv. Est	0,41	0,13	0,23	5,87E-07
a₁b₁ R1	54,85	55,48	55,97	4,25E-05
a₁b₁ R2	55,45	55,81	56,09	4,26E-05
Promedio	55,15	55,645	56,03	4,25E-05
Desv. Est	0,42	0,23	0,08	2,12E-08

a₀: pH 3
a₁: pH 7

b₀: 3 min
b₁: 5 min

ANEXO B

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla B-1. Análisis de Varianza para Dureza (N) de Papa-Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	11583,6	2	5791,81	1298,52	0,0000*
B:Tiempo	23862,4	3	7954,13	1783,31	0,0000*
C:Réplicas	24,579	7	3,51129	0,79	0,6001
INTERACCIONES					
AB	25114,2	6	4185,69	938,43	0,0000*
RESIDUOS	343,444	77	4,46031		
TOTAL (CORREGIDO)	60928,2	95			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

Tabla B-1.1. Prueba de Tukey HSD para Dureza (N) de Papa por pH

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>pH</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
10	32	7,40344	0,373343	c
7	32	9,1475	0,373343	b
3	32	31,5284	0,373343	a

Tabla B-1.2. Prueba de Tukey HSD para Dureza (N) de Papa por Tiempo de cocción

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Tiempo de cocción (min)</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
10	24	3,38625	0,431099	d
7	24	6,64958	0,431099	c
5	24	11,1575	0,431099	b
3	24	42,9125	0,431099	a

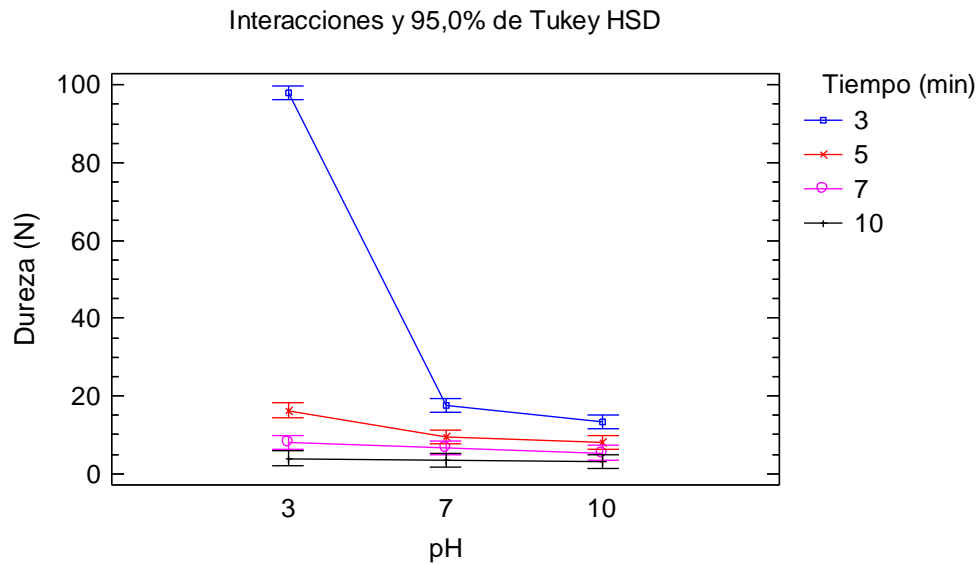


Figura B-1. Interacción e Intervalos de Tukey al 95% para pH y Tiempo de cocción de Papa.

Tabla B-2. Análisis de Varianza para Dureza de Mashua-Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	20435,4	2	10217,7	299,32	0,0000*
B:Tiempo	48233,6	3	16077,9	470,99	0,0000*
C:Réplicas	333,351	7	47,6216	1,40	0,2196
INTERACCIONES					
AB	3307,1	6	551,183	16,15	0,0000*
RESIDUOS	2628,51	77	34,1365		
TOTAL (CORREGIDO)	74937,9	95			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

Tabla B-2.1. Prueba de Tukey HSD para Dureza (N) de Mashua por pH

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

pH	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
10	32	32,5041	1,03284	c
7	32	41,9397	1,03284	b
3	32	67,0738	1,03284	a

Tabla B-2.2. Prueba de Tukey HSD para Dureza (N) de Mashua por Tiempo de cocción

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
10	24	17,7704	1,19263	d
7	24	38,2546	1,19263	c
5	24	53,4579	1,19263	b
3	24	79,2071	1,19263	a

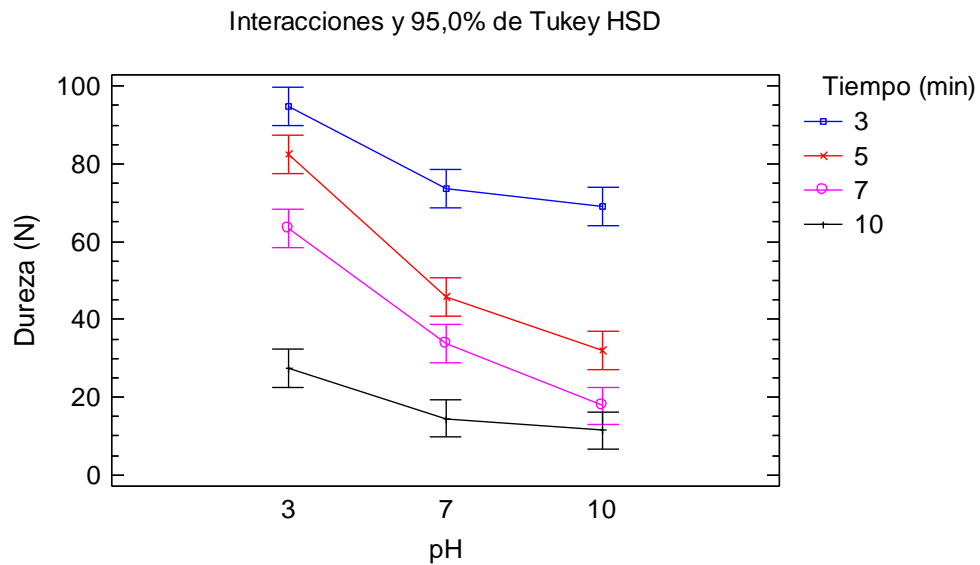


Figura B-2. Interacción e Intervalos de Tukey al 95% para pH y Tiempo de cocción de Mashua

Tabla B-3. Análisis de Varianza para Dureza de Oca-Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	7240,19	2	3620,1	65,51	0,0000*
B:Tiempo	35701,4	3	11900,5	215,34	0,0000*
C:Réplicas	254,333	7	36,3333	0,66	0,7071
INTERACCIONES					
AB	2057,61	6	342,934	6,21	0,0000*
RESIDUOS	4255,24	77	55,2629		
TOTAL (CORREGIDO)	49508,8	95			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

Tabla B-3.1. Prueba de Tukey HSD para Dureza (N) de Oca por pH

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>pH</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
10	32	50,3022	1,31414	c
7	32	60,7522	1,31414	b
3	32	71,5734	1,31414	a

Tabla B-3.2. Prueba de Tukey HSD para Dureza (N) de Oca por Tiempo de cocción

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Tiempo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
10	24	35,2554	1,51744	d
7	24	52,1267	1,51744	c
5	24	69,0067	1,51744	b
3	24	87,115	1,51744	a

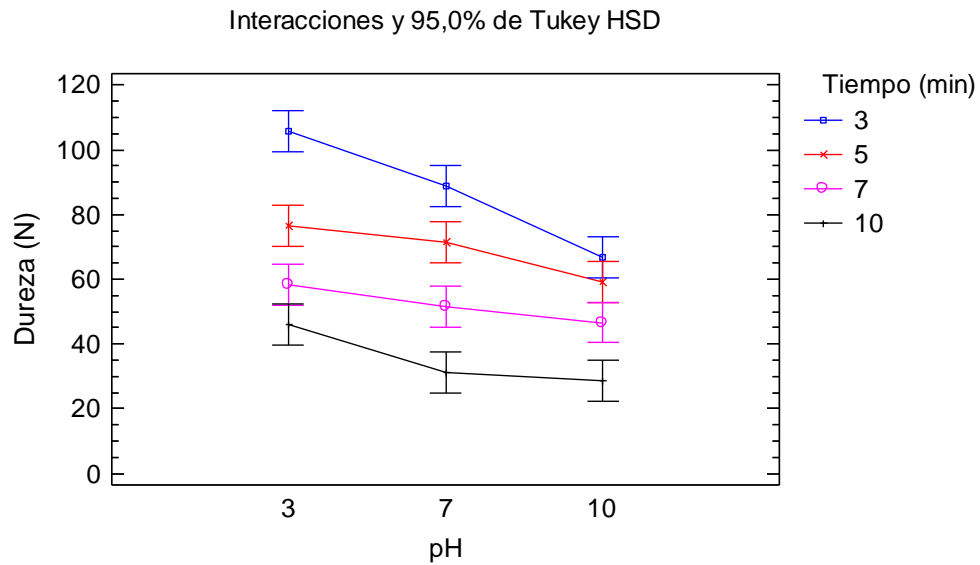


Figura B-3. Interacción e Intervalos de Tukey al 95% para pH y Tiempo de cocción de Oca

Tabla B-4. Análisis de Varianza para Dureza de Melloco-Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	2759,61	2	1379,81	30,31	0,0000*
B:Tiempo	40925,1	3	13641,7	299,63	0,0000*
C:Réplicas	338,547	7	48,3639	1,06	0,3958
INTERACCIONES					
AB	850,797	6	141,799	3,11	0,0087*
RESIDUOS	3505,69	77	45,5284		
TOTAL (CORREGIDO)	48379,7	95			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

Tabla B-4.1. Prueba de Tukey HSD para Dureza (N) de Melloco por pH

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

pH	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
10	32	34,6634	1,1928	c
7	32	42,3419	1,1928	b
3	32	47,7297	1,1928	a

Tabla B-4.2. Prueba de Tukey HSD para Dureza (N) de Melloco por Tiempo de cocción

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
10	24	20,0325	1,37732	c
7	24	25,0592	1,37732	c
5	24	49,5737	1,37732	b
3	24	71,6479	1,37732	a

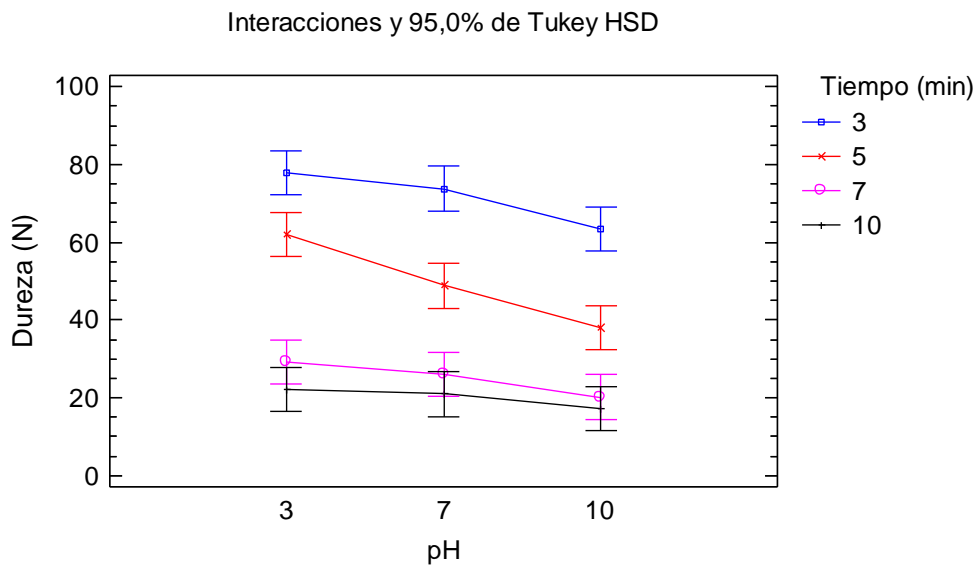


Figura B-4. Interacción e Intervalos de Tukey al 95% para pH y Tiempo de cocción de Melloco

Retrogradación

Tabla B-5. Análisis de Varianza para To de Papa -Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	0,0578	1	0,0578	2,87	0,1889
B:Tiempo	0,01805	1	0,01805	0,90	0,4137
C:Réplicas	0,00005	1	0,00005	0,00	0,9634
INTERACCIONES					
AB	0,03645	1	0,03645	1,81	0,2713
RESIDUOS	0,06045	3	0,02015		
TOTAL (CORREGIDO)	0,1728	7			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

Tabla B-6. Análisis de Varianza para Tp de Papa -Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	0,08405	1	0,08405	3,78	0,1470
B:Tiempo	0,005	1	0,005	0,23	0,6676
C:Réplicas	0,00245	1	0,00245	0,11	0,7617
INTERACCIONES					
AB	0,03125	1	0,03125	1,41	0,3210
RESIDUOS	0,06665	3	0,0222167		
TOTAL (CORREGIDO)	0,1894	7			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

Tabla B-7. Análisis de Varianza para Te de Papa -Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	0,195313	1	0,195313	6,09	0,0903
B:Tiempo	0,0136125	1	0,0136125	0,42	0,5612
C:Réplicas	0,0015125	1	0,0015125	0,05	0,8420

INTERACCIONES					
AB	0,0741125	1	0,0741125	2,31	0,2258
RESIDUOS	0,0962375	3	0,0320792		
TOTAL (CORREGIDO)	0,380788	7			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

Tabla B-8. Análisis de Varianza para ΔH de Papa -Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	0,0	1	0,0	0,48	0,5382
B:Tiempo	0,0	1	0,0	1,08	0,3751
C:Réplicas	0,0	1	0,0	3,00	0,1817
INTERACCIONES					
AB	0,0	1	0,0	0,48	0,5382
RESIDUOS	0,0	3	0,0		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0	7			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

Tabla B-9. Análisis de Varianza para T_o de Mashua -Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	0,0703125	1	0,0703125	0,49	0,5325
B:Tiempo	0,0015125	1	0,0015125	0,01	0,9243
C:Réplicas	0,0861125	1	0,0861125	0,61	0,4931
INTERACCIONES					
AB	0,357012	1	0,357012	2,51	0,2111
RESIDUOS	0,426338	3	0,142113		
TOTAL (CORREGIDO)	0,941287	7			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

Tabla B-10. Análisis de Varianza para Tp de Mashua -Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	0,0338	1	0,0338	0,24	0,6588
B:Tiempo	0,0018	1	0,0018	0,01	0,9174
C:Réplicas	0,09245	1	0,09245	0,65	0,4784
INTERACCIONES					
AB	0,43245	1	0,43245	3,05	0,1790
RESIDUOS	0,42525	3	0,14175		
TOTAL (CORREGIDO)	0,98575	7			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

Tabla B-11. Análisis de Varianza para Te de Mashua -Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	0,06845	1	0,06845	0,53	0,5182
B:Tiempo	0,0128	1	0,0128	0,10	0,7729
C:Réplicas	0,1058	1	0,1058	0,82	0,4310
INTERACCIONES					
AB	0,43245	1	0,43245	3,37	0,1639
RESIDUOS	0,3853	3	0,128433		
TOTAL (CORREGIDO)	1,0048	7			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

Tabla B-12. Análisis de Varianza para ΔH de Mashua -Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	0,0	1	0,0	5,20	0,1068
B:Tiempo	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
C:Réplicas	0,0	1	0,0	0,04	0,8614
INTERACCIONES					
AB	0,0	1	0,0	3,61	0,1535
RESIDUOS	0,0	3	0,0		
TOTAL (CORREGIDO)	1,64E-12	7			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

Tabla B-13. Análisis de Varianza para To de Oca -Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	0,2738	1	0,2738	1,66	0,2878
B:Tiempo	0,21125	1	0,21125	1,28	0,3399
C:Réplicas	0,00605	1	0,00605	0,04	0,8603
INTERACCIONES					
AB	0,03645	1	0,03645	0,22	0,6702
RESIDUOS	0,49445	3	0,164817		
TOTAL (CORREGIDO)	1,022	7			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

Tabla B-14. Análisis de Varianza para Tp de Oca -Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	0,127512	1	0,127512	0,50	0,5305
B:Tiempo	0,0630125	1	0,0630125	0,25	0,6533
C:Réplicas	0,0001125	1	0,0001125	0,00	0,9846
INTERACCIONES					
AB	0,0561125	1	0,0561125	0,22	0,6710
RESIDUOS	0,765138	3	0,255046		
TOTAL (CORREGIDO)	1,01189	7			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

Tabla B-15. Análisis de Varianza para Te de Oca -Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	0,0496125	1	0,0496125	0,15	0,7281
B:Tiempo	0,0010125	1	0,0010125	0,00	0,9599
C:Réplicas	0,0435125	1	0,0435125	0,13	0,7444
INTERACCIONES					
AB	0,0091125	1	0,0091125	0,03	0,8805
RESIDUOS	1,02154	3	0,340513		
TOTAL (CORREGIDO)	1,12479	7			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

Tabla B-16. Análisis de Varianza para ΔH de Oca -Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	0,0	1	0,0	0,40	0,5714
B:Tiempo	0,0	1	0,0	0,03	0,8782
C:Réplicas	0,0	1	0,0	0,09	0,7837
INTERACCIONES					
AB	0,0	1	0,0	0,32	0,6105
RESIDUOS	3,37375E-12	3	1,12458E-12		
TOTAL (CORREGIDO)	4,31875E-12	7			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

Tabla B-17. Análisis de Varianza para T_o de Melloco -Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	0,0578	1	0,0578	1,57	0,2993
B:Tiempo	0,06125	1	0,06125	1,66	0,2879
C:Réplicas	0,25205	1	0,25205	6,83	0,0794
INTERACCIONES					
AB	0,11045	1	0,11045	2,99	0,1820
RESIDUOS	0,11065	3	0,0368833		
TOTAL (CORREGIDO)	0,5922	7			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

Tabla B-18. Análisis de Varianza para T_p de Melloco -Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	0,0055125	1	0,0055125	0,46	0,5451
B:Tiempo	0,0300125	1	0,0300125	2,52	0,2107
C:Réplicas	0,0351125	1	0,0351125	2,95	0,1845

INTERACCIONES					
AB	0,0780125	1	0,0780125	6,55	0,0833
RESIDUOS	0,0357375	3	0,0119125		
TOTAL (CORREGIDO)	0,184388	7			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

Tabla B-19. Análisis de Varianza para Te de Melloco -Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	0,0036125	1	0,0036125	0,15	0,7220
B:Tiempo	0,0231125	1	0,0231125	0,98	0,3957
C:Réplicas	0,0055125	1	0,0055125	0,23	0,6623
INTERACCIONES					
AB	0,159612	1	0,159612	6,75	0,0805
RESIDUOS	0,0709375	3	0,0236458		
TOTAL (CORREGIDO)	0,262788	7			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

Tabla B-20. Análisis de Varianza para ΔH de Melloco -Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:pH	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
B:Tiempo	0,0	1	0,0	1,87	0,2650
C:Réplicas	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
INTERACCIONES					
AB	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
RESIDUOS	0,0	3	0,0		
TOTAL (CORREGIDO)	1,055E-12	7			

Nivel de confianza = 95%

* = significancia

ANEXO C

TERMOGRAMAS

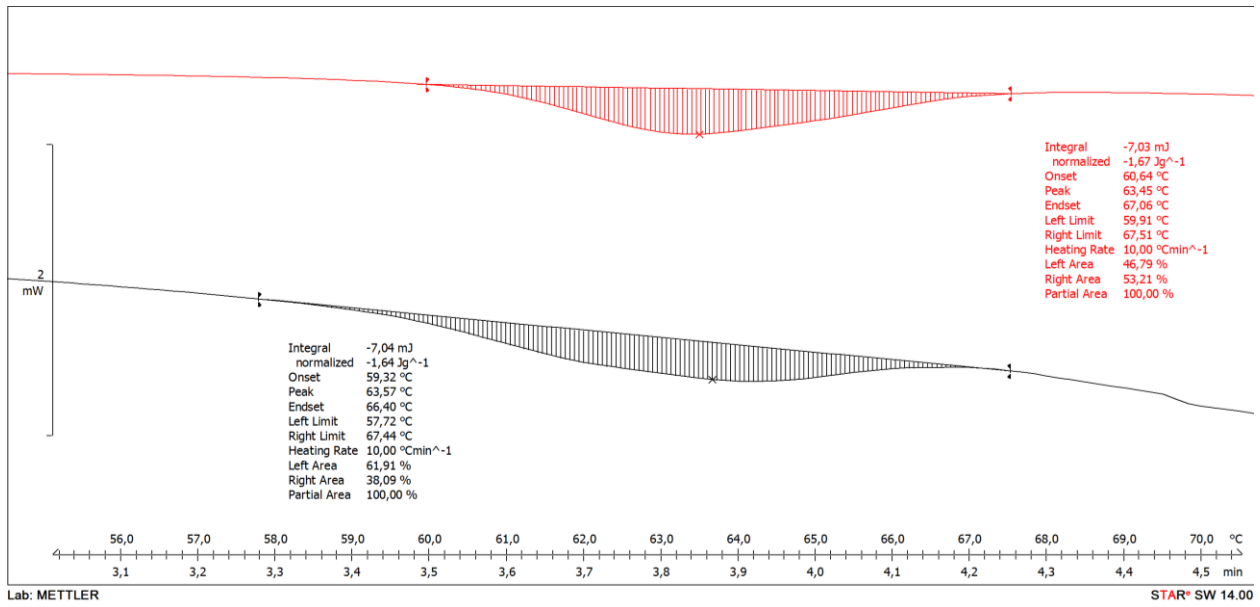


Figura C-1. Termograma de gelatinización de papa cruda sin tratamiento.

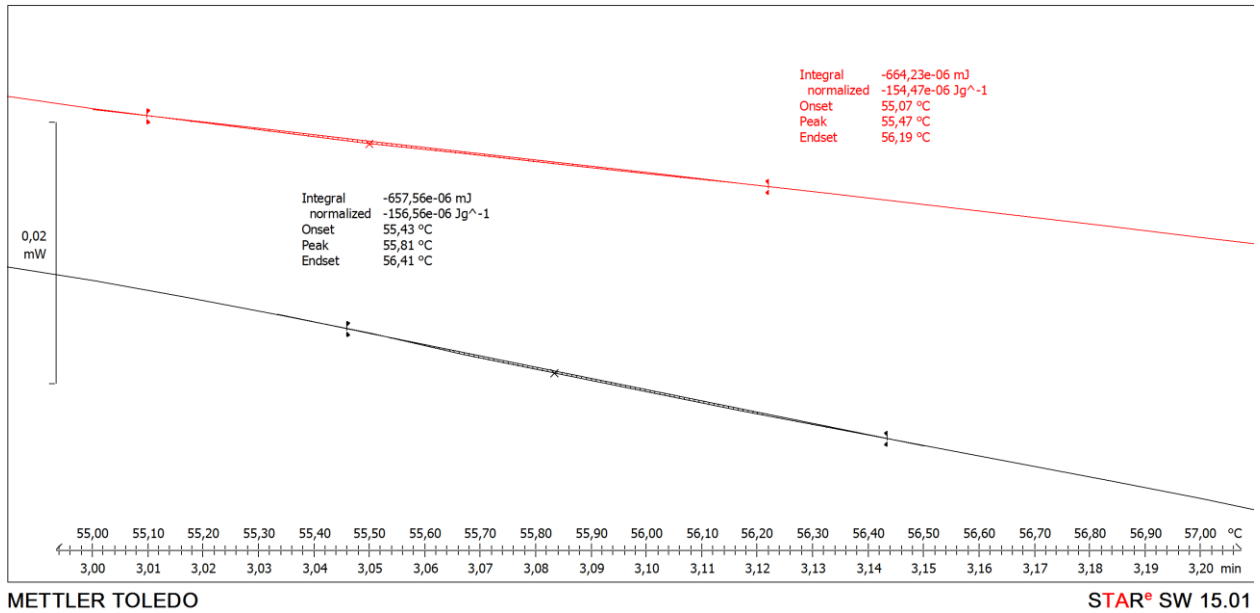


Figura C-2. Termograma de gelatinización de papa cruda sin tratamiento.