

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



***“EVALUACIÓN DE LA CINÉTICA DE INACTIVACIÓN
TÉRMICA DE PEROXIDASA (POD) EN EL CONFITADO DE
MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*) VARIEDAD (kello año)”***

TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR:

Bach. TTITO ARONACA HUGO

Bach. TURPO CCAMA RUTH DINA

ASESOR:

Mgt. Ing. MARIA MERCEDES CARRASCO COLQUE

SICUANI – CUSCO – PERU

2022



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
VICE RECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

ANEXO 1

INFORME DE ORIGINALIDAD

El que suscribe (asesor/editor/director/autor) del trabajo de investigación titulado "EVALUACIÓN DE LA CINÉTICA DE INACTIVACIÓN TÉRMICA DE PEROXIDASA (POD) EN EL CONFITADO DE MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*) VARIEDAD (Kello qñu)"

Presentado por TITO ARONACA HUGO - TURPO LEAMA RUTH DINA Código(estudiante/docente) 071967 082035 para optar al Grado de Bachiller/ Título Profesional/ Segunda Especialidad Profesional/ Grado de Maestro/ Grado Doctor /Libro/Revista/Proyecto Canon/FEDU/otros TÍTULO PROFESIONAL

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 3 veces, mediante el software antiplagio, conforme al Artículo 6° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de: 8%

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia de los trabajos de los estudiantes (Art. 7, inc. 1)

Porcentaje	Evaluación y acciones.	Marque con una X
Del 1 al 20 %	No se considera plagio.	
Del 21 al 50%	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayores a 51%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a ley.	

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación, tesis, textos, libros, revistas, artículos científicos, material de enseñanza y otros (Art. 7, inc 2 y 3)

Porcentaje	Evaluación y acciones.	Marque con una X
Del 1 al 10 %	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30%	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayores a 31 %	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor/director de la Unidad de Posgrado/Director del Fondo Editorial/ Editor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software antiplagio.

Cusco, 09 de JUNIO de 2021.

FIRMA

POST FIRMA: MARIA MERLEDES CARRASCO COLQUE

DNI N°: 24715150

Se adjunta:

1. Reporte Generado por el sistema Antiplagio
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: unsuac.turnitin.com/viewer/submissions/oid:27259:73602446/print?locale=es

RUTH TURPO

TESIS RUTH-HUGO.docx

Resumen de fuentes

8%

SIMILITUD GENERAL

1	cybertesis.uach.cl INTERNET	1%
2	www.bdigital.unal.edu.co INTERNET	<1%
3	ESC Rennes on 2020-10-29 TRABAJOS ENTREGADOS	<1%
4	repositorio.uncp.edu.pe INTERNET	<1%
5	tesis.ucsm.edu.pe INTERNET	<1%
6	repositorio.unfv.edu.pe INTERNET	<1%
7	revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe INTERNET	<1%
8	tumi.lamolina.edu.pe INTERNET	<1%
9	Luis Dávila Solar, Luz López Ráez. "TRANSFERENCIA DE MASA EN LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA A VACÍO DE RODAJAS DE ANANAS COMO SUS L. MERR"PIÑA", Industrial Data, 2014 CROSSREF	<1%
10	Universidad San Francisco de Quito on 2015-11-20 TRABAJOS ENTREGADOS	<1%
11	docplayer.es INTERNET	<1%
12	Universidad ICESI on 2017-04-04 TRABAJOS ENTREGADOS	<1%
13	www.scielo.org.co INTERNET	<1%
14	London Business School on 2020-11-25 TRABAJOS ENTREGADOS	<1%
15	www.ciedperu.org INTERNET	<1%
16	pericles.pericles-prod.literatumonline.com INTERNET	<1%
17	Universidad de Cundinamarca on 2019-03-14 TRABAJOS ENTREGADOS	<1%
18	ciencia.lasalle.edu.co INTERNET	<1%
19	Universidad San Francisco de Quito on 2014-06-16 TRABAJOS ENTREGADOS	<1%
20	revistabiotechnologia.unicauca.edu.co INTERNET	<1%
21	rke.abertay.ac.uk INTERNET	<1%
22	Universidad Nacional del Santa on 2018-10-17 TRABAJOS ENTREGADOS	<1%
23	repositorio.uss.edu.pe INTERNET	<1%
24	Eliot-Godereaux, S.C.. "Elaboration and kinetic modelling of the formation of a biochemical marker to quantify HTST processing", Food Research International, 2003 CROSSREF	<1%
25	espace.library.uq.edu.au INTERNET	<1%
26	idl-bnc.idrc.ca INTERNET	<1%

27	network.bepress.com INTERNET	<1%
28	alicia.concytec.gob.pe INTERNET	<1%
29	repositorio.unheval.edu.pe INTERNET	<1%
30	Universidad Nacional San Agustín on 2018-06-06 TRABAJOS ENTREGADOS	<1%
31	repositorio.lamolina.edu.pe INTERNET	<1%

Se excluyeron los depósitos de búsqueda:

- Ninguno

Excluido del Informe de Similitud:

- Bibliografía
- Citas
- Citas
- Coincidencias menores (20 palabras o menos)

Se excluyeron las fuentes:

- Ninguno

INDICE

<i>PRESENTACIÓN</i>	<i>v</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i>	<i>vi</i>
<i>DEDICATORIA</i>	<i>vii</i>
<i>DEDICATORIA</i>	<i>viii</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>ix</i>
<i>INTRODUCCION</i>	<i>xi</i>
<i>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</i>	<i>xiii</i>
<i>OBJETIVOS DE ESTUDIO</i>	<i>1</i>
Objetivo general.....	<i>1</i>
Objetivos específicos.....	<i>1</i>
<i>HIPOTESIS</i>	<i>2</i>
Hipótesis general.....	<i>2</i>
Hipótesis específicas.....	<i>2</i>
<i>JUSTIFICACIÓN</i>	<i>3</i>
<i>ANTECEDENTES</i>	<i>4</i>
<i>CAPITULO I</i>	<i>11</i>
<i>MARCO TEORICO</i>	<i>11</i>
<i>1.1 Bases teóricas</i>	<i>11</i>
1.1.1. La mashua.....	<i>11</i>
1.1.2. Confitado.....	<i>24</i>
1.1.3. El tratamiento térmico de los alimentos.....	<i>25</i>
1.1.4. Los mecanismos de transferencia de calor.....	<i>27</i>
1.1.5. Enzimas (E).....	<i>29</i>
1.1.6. Peroxidasa.....	<i>40</i>
1.1.7. Los factores que afectan la actividad enzimática.....	<i>42</i>
1.1.8. Inactivación enzimática.....	<i>45</i>
1.1.9. Curva de calibración de la peroxidasa.....	<i>49</i>
<i>CAPITULO II</i>	<i>52</i>
<i>Materiales y métodos</i>	<i>52</i>

2.1. Lugar de trabajo.....	52
2.2. Materia prima, insumos y reactivos.....	52
2.2.1 Materia prima.....	52
2.2.2. Insumos.....	53
2.2.3. Reactivos.....	53
2.3. Equipos, materiales e instrumentos.....	54
2.3.1. Equipos de laboratorio.....	54
2.3.2. Materiales de vidrio y otros.....	54
2.3.3. Instrumentos.....	55
2.4. Metodología experimental.....	55
2.4.1. Elaboración de mashua confitada.....	55
2.4.1.1. Acondicionamiento de la materia prima (mashua).....	57
2.4.2. Determinación de la inactividad de peroxidasa.....	61
2.4.3. Determinación de los parámetros cinéticos de inactivación.....	63
2.5. Diseño experimental.....	64
2.6. Diseño estadístico.....	65
CAPITULO III.....	67
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	67
3.1. Evaluación de la actividad enzimática (AE) de la peroxidasa (POD) en el escaldado para la elaboración de confitado mashua.....	67
3.2. Determinación de la actividad residual de peroxidasa (pod).....	77
3.3. Identificación de los parámetros cinéticos de inactivación térmica.....	80
3.3.1. Determinación de la constante de velocidad de inactivación térmica (k) ..	80
3.3.2. Determinación de la energía de activación.....	83
3.3.3. Determinación del tiempo de reducción decimal (D).....	85
3.3.4. Determinación del valor Z.....	86
3.4. Modelamiento de la inactivación de la peroxidasa.....	86
CONCLUSIONES.....	96
RECOMENDACIONES.....	97
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	98

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de la mashua.	16
Tabla 2. Variedad de la Mashua	18
Tabla 3. Superficie sembrada mensual de Mashua región Cusco Campaña agrícola 2016 - 2017 (has)	19
Tabla 4. Superficie cosechada y rendimiento de mashua en la Región de Cusco 2016 – 2017	20
Tabla 5. Producción y rendimiento de mashua en el año 2016-2017	21
Tabla 6. Producción y rendimiento entre el año 2017-2018	22
Tabla 7. Tratamientos en estudio	66
Tabla 8. Ensayos de la investigación	66
Tabla 9. Actividad de la mashua	68
Tabla 10. ANOVA bifactorial para la inactivación de la peroxidasa	71
Tabla 11. Prueba de Múltiples Rangos para ACTIVIDAD ENZIMATICA por TEMPERATURA	73
Tabla 12. Prueba de Múltiples Rangos para ACTIVIDAD ENZIMATICA por TIEMPO ..	74
Tabla 13. Actividades enzimáticas (U/g) y residual (% actividad residual)	78
Tabla 14. Valores del parámetro K y AE_0	82
Tabla 15. Actividad de la peroxidasa en la mashua calculada con la ecuación ajustada	82
Tabla 16. Valores D para la inactivación de la peroxidasa	85
Tabla 17. Modelos matemáticos evaluados	87
Tabla 18. Coeficientes de regresión lineal para la ACTIVIDAD ENZIMATICA	88
Tabla 19. Coeficiente de regresión con interacción para la ACTIVIDAD ENZIMATICA	89
Tabla 20. Coeficientes de regresión cuadrática para la ACTIVIDAD ENZIMATICA	90
Tabla 21. Coeficientes de regresión para el modelo de ajuste para ACTIVIDAD ENZIMATICA	91
Tabla 22. Camino de Máximo Ascenso de la Temperatura, para inactivación de la peroxidasa	92
Tabla 23. Camino de Máximo Ascenso del Tiempo, para la inactivación de la peroxidasa	93

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Desarrollo de la mashua</i>	12
<i>Figura 2. Curva de calibración de peroxidasa</i>	51
<i>Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de mashua confitada</i>	56
<i>Figura 4. Tratamientos Experimentales</i>	60
<i>Figura 5. Variables de estudio de la cinética de inactivación térmica de la peroxidasa</i>	65
<i>Figura 6. Efecto del tiempo y temperatura en la inactivación de la peroxidasa</i>	70
<i>Figura 7. Diagrama de Pareto - efecto estandarizado</i>	72
<i>Figura 8. Diagrama de prueba de medias por Turkey HSD, para temperatura</i>	74
<i>Figura 9. Diagrama de comparación de medias para tiempo en la inactivación de la peroxidasa</i>	75
<i>Figura 10. Diagrama de efectos principales del tiempo - temperatura en la inactivación de la peroxidasa</i>	75
<i>Figura 11. Diagrama de interacción del tiempo - temperatura en la inactivación de la peroxidasa</i>	76
<i>Figura 12. Diagrama de interacción para ACTIVIDAD ENZIMATICA</i>	77
<i>Figura 13. Correlación de la constante de velocidad de inactivación térmica (K)</i>	83
<i>Figura 14. Diagrama de superficie de respuestas del modelo lineal del tiempo y temperatura en la desactivación de la enzima peroxidasa</i>	89
<i>Figura 15. Diagrama del modelo de interacción del tiempo y temperatura en la desactivación de la peroxidasa</i>	90
<i>Figura 16. Diagrama del modelo cuadrático del tiempo y temperatura en la desactivación de la peroxidasa</i>	91
<i>Figura 17. Superficie de respuesta para la inactivación del peroxidasa</i>	95
<i>Figura 18. Contorno de la superficie de respuesta para la inactivación del peroxidasa</i>	95

PRESENTACIÓN

SEÑORA DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO, SEÑOR DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL.

Para cumplir con el reglamento de grados y títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, tenemos el decoro de poner a vuestra deferencia el trabajo de investigación nombrado “EVALUACIÓN DE LA CINÉTICA DE INACTIVACION TÉRMICA DE PEROXIDASA (POD) EN EL CONFITADO DE MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*) VARIEDAD (*kello añu*)”, para optar al título de Ingeniero agroindustrial.

Este trabajo de investigación se ejecutó con la finalidad de evaluar la cinética de inactivación térmica de peroxidasa en el confitado de mashua.

Esperamos que esta investigación sea un aporte en el conocimiento de los parámetros cinéticos de la enzima peroxidasa del confitado de mashua para la nutrición de nuestra sociedad.

Atentamente

Hugo Ttito Aronaca
Ruth Dina Turpo Ccama

AGRADECIMIENTO

- ❖ A la tricentenaria Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por acogernos en la Facultad de Ingeniería de Procesos y a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial donde obtuvimos muchos conocimientos durante nuestra vida universitaria.
- ❖ Nuestro especial agradecimiento a la Mgt. Ing. María Mercedes Carrasco Colque por su asesoramiento del presente trabajo de tesis y contribuir en la culminación de la misma.
- ❖ A los catedráticos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por impartir sus enseñanzas y sapiencias para ser buenos profesionales.
- ❖ A todos los compañeros, amigos y personas que nos apoyaron en el desarrollo de este trabajo de tesis.

DEDICATORIA

A Dios por alumbrar y guiar mi sendero y proporcionarme las fuerzas para ser alguien mejor en la vida.

A mi mamá por su sacrificio y apoyo en todo momento también por ser la fuente de inspiración para estudiar en la UNSAAC.

A mis hermanos por su apoyo incondicional y por darme la fortaleza para continuar día a día.

A todos mis amigos(as) por su apoyo brindado incondicionalmente.

Hugo

DEDICATORIA

Tributo este trabajo de investigación y toda mi carrera profesional a Dios nuestro señor por iluminar mi camino y estar a mi lado de manera inseparable proporcionándome los impulsos necesarios para permanecer de pie día tras día y así seguir librando las cruzadas de la vida.

A mis amados padres Magdalena y Gavino a quienes les debo todo lo que soy y he alcanzado en esta vida, gracias a su sacrificio y apoyo incondicional en todo momento y por haber estado en todos los momentos trascendentales de mi vida y darme una carrera profesional para mi futuro.

Con mucho amor a todos mis hermanos Hidalgo, Dante, Yulyho, Heydrish, Ban Alen y Guyin, por creer en mí y alentarme a seguir adelante, que a pesar de haber pasado momentos difíciles, como familia siempre han estado incondicionalmente junto a mí y brindándome todo su cariño.

A mi hermanito Guyin, quien es uno de mis motivos para seguir luchando y ser mejor persona cada día, que con su alegría y sonrisa me ha dado fuerzas y llenado de esperanzas.

A todos mis familiares, docentes y buenos (as) amigos (as) por su apoyo y cariño incondicional en toda mi carrera Universitaria.

Ruth

RESUMEN

El trabajo de investigación en mención, asumió por objetivos, determinar la actividad enzimática y la actividad residual de peroxidasa (POD) para la elaboración de confitado de mashua. En la evaluación de los parámetros cinéticos: k , E_a , D , Z de la inactivación térmica en la enzima peroxidasa (POD) y determinación de un modelo matemático que describe el proceso de inactivación de la peroxidasa (POD) se consideraron las variables de estudio en el escaldado y fueron temperaturas de 60, 70 y 80°C con tiempos de 1, 3 y 5 minutos. Resultando que la actividad de la peroxidasa disminuye de 1.750 a 0.171U/g con el incremento del tiempo y temperatura de escaldado, los parámetros cinéticos en la inactivación de la peroxidasa como la constante de velocidad de inactivación térmica K incrementan de 0.1466 a 0.4230min⁻¹ con el incremento de la temperatura, mientras que el tiempo de reducción decimal (D) disminuye de 15.707 a 5.444min a medida que la temperatura incrementa, la temperatura necesaria para que la curva de desactivación de peroxidasa trasponga un ciclo logarítmico (Z) fue de 43.465°C, la energía de activación (E_a) encontrada fue de 51.7897 kJ/mol, por otra parte se evaluó 3 modelos matemáticos (lineal con $R^2 = 0.9720$, lineal con interacción con $R^2 = 0.9721$ y cuadrático con $R^2 = 0.9973$) para representar la inactivación de la peroxidasa encontrándose que un modelo cuadrático se ajusta de mejor manera en la inactivación de la peroxidasa con $R^2 = 0.9973$ y $AE(U/g) = 4.88304 - 0.046875 \cdot T - 0.45725 \cdot t + 0.00003 \cdot T^2 + 0.000225 \cdot T \cdot t + 0.040375 \cdot t^2$.

La actividad enzimática de la mashua confitada y mashua cruda se determinó por el método de espectrofotometría haciendo que el extracto enzimático reaccione con el sustrato y las lecturas de absorbancia se dieron a una onda de luz de 470nm.

Palabras clave: Actividad enzimática de peroxidasa, confitado de mashua.

INTRODUCCION

Los consumidores exigen cada vez más que los métodos de procesamiento de los alimentos aseguren los atributos sensoriales (preservación del color, textura, apariencia, aroma y sabor) del producto fresco, también la calidad microbiológica y nutricional del producto final. Generalmente las industrias alimentarias hacen uso de procedimientos térmicos que, dependiendo de la temperatura y tiempo de exposición al calor, pueden conservar estos atributos por un lapso de tiempo más prolongado. Los tratamientos térmicos más utilizados y conocidos son el escaldado, la pasteurización y la esterilización. El escaldado es un procedimiento térmico menos intenso que los otros dos, que tiene como fin mejorar la calidad, seguridad y conservar los atributos del alimento fresco a través de la desactivación de las enzimas dañinas como la peroxidasa y la inhibición del mayor porcentaje de la microflora superficial del alimento, microorganismos mesófilos aerobios, coliformes, hongos y levaduras. Los tratamientos térmicos generalmente se realizan con agua o vapor saturado a temperaturas que fluctúan entre 70°C y 100°C con tiempos entre 30 segundos y 1800 segundos o media hora, y luego son complementados por metodologías de preservación como su almacenamiento a temperaturas más bajas entre 0 °C y 4 °C, temperaturas de congelación menores de -18°C. El tiempo y temperatura de tratamiento térmico influyen significativamente en la calidad del escaldado, también la forma, tamaño, y área de contacto del producto. (Mukherjee & Chattopadhyay, 2007)

La pre cocción o escaldado son muy influyentes en la calidad del alimento, cuyo objetivo es desactivar las enzimas que tienen la capacidad alterar el alimento, u obstruir el congelamiento que conserva al alimento por un tiempo más prolongado reduciendo la cantidad de agua disponible, limitando así la acción de los microorganismos o enzimas que perjudican su calidad. Un tratamiento térmico mal ejecutado puede no inhibir la actividad de enzimas como la polifenoloxidasas o la peroxidasa, los cuales son los responsables de alterar el color y sabor del producto industrializado, mediante la oxidación y polimerización de los compuestos fenólicos, proceso nombrado como pardeamiento enzimático, a su vez el escaldado exagerado ablanda la estructura y también genera rupturas en su corteza. (Bonilla , Cardozo , & Morales , 2009)

La presente investigación tuvo por finalidad evaluar de la cinética de inactivación térmica de peroxidasa (POD) en el confiado de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) variedad (kello año). La mashua es un tubérculo que se halla en decadencia, se cultiva solo en parcelas diminutas del ande peruano. La evaluación de la cinética de inactivación térmica de la peroxidasa y conocimiento de sus propiedades nutricionales y medicinales de la mashua después del procesamiento permitirá a la población su mayor consumo y a los agricultores ampliar sus áreas de cultivo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día este producto andino mashua en nuestro país se encuentra en extinción, cultivándose en pocas cantidades por los agricultores que son conocedores de las propiedades de este cultivo.

El problema radica en que los tratamientos térmicos a los que se someten los productos al procesarlos como el mashua confitado no son los adecuados para inactivar la peroxidasa, al industrializarlo y someterlo a tratamientos térmicos que desnaturalizan las vitaminas y proteínas con el fin de desactivar la enzima peroxidasa debido a que es una enzima indicadora de tratamientos térmicos por ser resistente a altas temperaturas, también la peroxidasa es responsable de los cambios de color por oxidación, de allí la iniciativa de evaluar la cinética de inactivación térmica de la peroxidasa (POD), diversificar así el consumo de la mashua como el confitado de la misma para aprovechar las bondades nutricionales y medicinales de la mashua y estar seguro de llegar a las zonas urbanas con un producto, para de esta forma balancear la alimentación de las familias; por lo que es importante realizar estudios de inactivación de la peroxidasa en tratamientos térmicos para procesar alimentos determinando un modelo matemático que se ajuste al estudio determinando los parámetros cinéticos para la inactivación de la peroxidasa debido a que es una de las enzimas más resistentes a la temperatura e indicador de un buen tratamiento térmico, estos modelos matemáticos permitirán la determinación de temperatura y tiempo adecuados para el escaldado.

Formulación del problema: ¿Cuál es la cinética de inactivación térmica de peroxidasa (POD) en el confitado de mashua?

OBJETIVOS DE ESTUDIO

Objetivo general.

Evaluar la cinética de inactivación térmica de peroxidasa (POD) en el confitado de mashua (*Tropaeolum tuberosum*).

Objetivos específicos.

1. Determinar la actividad enzimática y la actividad residual de peroxidasa (POD) en la elaboración de confitado de mashua.
2. Evaluar los parámetros cinéticos: k , E_a , D , Z en la inactivación térmica (escaldado) de la enzima peroxidasa (POD) en la elaboración de confitado de mashua.
3. Determinar el modelo matemático que describe la variación de factores de temperatura y tiempo en la inactivación de la peroxidasa (POD).

HIPOTESIS

Hipótesis general.

La inactivación térmica de peroxidasa (POD) influye en la oxidación de los radicales libres en el confitado de mashua.

Hipótesis específicas.

1. Las variables de temperaturas y tiempos en el escaldado influyen en la actividad enzimática y actividad residual de peroxidasa (POD) en la elaboración de confitado de mashua
2. Los parámetros cinéticos de la enzima peroxidasa (POD) determinan la conducta de la enzima en medios definidos de tiempo y temperatura.
3. El modelo matemático describe los parámetros adecuados de inactivación de la peroxidasa (POD).

JUSTIFICACIÓN

Este trabajo de investigación es original porque es una alternativa de solución al problema, reconociendo la importancia de la evaluación de la cinética de la inactivación térmica de peroxidasa (POD) en el confitado de mashua, al estudiar la inactivación térmica de la peroxidasa se logra reducir el pardeamiento enzimático de la mashua. El *Tropaeolum tuberosum*, conocida en el Perú como la mashua, ñu, papa amarga este producto se cultiva entre Perú y Bolivia, desde Colombia hasta el norte de Argentina, asociada a otros cultivos, otro de los beneficios de este cultivo es su tenacidad a las enfermedades y plagas (Bonete Maria, et.,, 2016).

La mashua tiene mayor contenido de vitaminas y minerales que la papa (Ayala, 2004).

La mashua impide el desarrollo de las células inflamadas, también coge los radicales libres, los cuales se van acumulando por el estrés, consumo de grasas o la contaminación. El envejecimiento celular, formación y propagación de las células cancerígenas son causados por los radicales libres. La mashua es un antioxidante que evita el envejecimiento celular, porque contiene vitamina E, D y apoya en la asimilación del calcio y complejo B, que favorece en el metabolismo del organismo. Además la mashua también es una fuente considerable de hidratos de carbono que proporcionan energía al cuerpo y también actúa como diurético, por lo que los antepasados lo utilizaban como medicina para limpiar el sistema urinario y el riñón. (Diario el Comercio, 2010)

ANTECEDENTES

1. A nivel internacional

Antecedente 1: Cinética de Inactivación de la Enzima Peroxidasa, Color y Textura en Papa Criolla (*Solanum tuberosum* Grupo *phureja*) sometida a tres condiciones de Escaldado. La papa criolla fue escaldado a 3 temperaturas, con agua a 80°C, 90°C y vapor saturado a 93°C. Los coeficientes de transferencia de calor para el escaldado en agua fluctuaron de 214 y 230 W °C⁻¹ m⁻² y para vapor saturado fluctuaron en promedio 84.5 W °C⁻¹ m⁻². En distintos tiempos de pre cocción la papa criolla ostentó una parte en donde sucedió pardeamiento enzimático, el cual fue modelado según la cinética de Michaelis-Menten y otra parte en donde el cambio de color redujo debido a la desactivación enzimática a una cinética de orden 1, el comportamiento de la textura es de la misma forma. La desactivación de la enzima peroxidasa siguió al mecanismo de Lumry-Eyring. (Mendoza & Herrera, 2012)

Antecedente 2: Evaluación de los procesos de precocción/congelación de tres presentaciones de papa criolla (*Solanum tuberosum* grupo *phureja*) variedad Colombia. La investigación tiene como finalidad estandarizar los procesos de precocción y congelación de tres muestras de papa criolla (*Solanum tuberosum* grupo *phureja*). Se usaron muestras de papa enteros de 2,7 cm de diámetro, semiesferas a partir de papas de 3,5 cm de diámetro y bastones (prismas rectangulares de 0,7 cm x 0,8 cm x 2,8 cm). Para ajustar pre cocido de

las 3 muestras se crearon estándares matemáticos de transferencia de calor concordados a modelos de desactivación de la enzima peroxidasa, cambio de textura y color. En la evaluación de la congelación se crearon modelos de transferencia de calor con un cambio de fase ajustada a términos matemáticos para la variación de textura. Se halló que tiempos de escaldado con vapor que fluctúan entre 6 y 8 minutos, son convenientes para desactivar la enzima peroxidasa y la congelación a -40°C con una velocidad de aire de 20 km h^{-1} mantienen la textura de las muestras. (Mendoza Rincón, 2012)

Antecedente 3. Efecto de los ultrasonidos y la temperatura sobre la peroxidasa del tomate. La enzima POD del tomate se desactivó mediante calor y ultrasonido. La desactivación térmica de POD del tomate se efectuó a 63, 64, 65, 66 y 67°C la cual siguió una cinética de orden 1 aparentemente, la E_a se calculó mediante la pendiente del diagrama de Arrhenius siendo igual a $14,9 \cdot 10^4\text{ J/molJ /}$. También se investigó el efecto del ultrasonido en la desactivación de la peroxidasa del tomate a potencias ultrasónicas del 15%, 25%, 40%, 50% y 75% en tiempos de 20-150s. Resultando que mediante se incrementa la potencia ultrasónica, incrementa el nivel de desactivación de peroxidasa. Logrando inactivación del 100% de POD al 50% de potencia durante 150s y al 75% de potencia durante 90s de ultrasonidos. Otro de los objetivos a investigar fue la regeneración de la actividad de POD para las muestras expuestas a ultrasonidos a diferentes potencias ultrasónicas. Resultando que a potencias ultrasónicas del 15% y 25%, la actividad enzimática residual incrementa

linealmente, mientras que a potencias del 40%, 50% y 75% la actividad residual de peroxidasa incrementa de forma no lineal, en las muestras que se logró el 100% de desactivación de POD por ultrasonido no hubo regeneración. Existe una disminución considerable en el contenido de vitamina C del extracto de tomate en función del tiempo y la temperatura de tratamiento térmico, a su vez el tratamiento ultrasónico no mostro un efecto significativo en el contenido de vitamina C del extracto de tomate. (Ercan & Soysal, 2011)

Antecedente 4. Cinética e inactivación de la peroxidasa de zanahoria por tratamiento térmico, la actividad y la cinética de la peroxidasa de zanahoria se determinaron haciendo uso de pirogalol, guayacol y o-dianisidina como donantes átomos de hidrógeno y se estudió la desactivación de la POD mediante tratamiento térmico en microondas. La cinética de la POD reveló características que dependen de la identidad y concentración del donador de hidrógeno que se usó. Con pirogalol y guayacol, se encontró que la K_m verdadera era de 0,34 y 1,4 mM para el peróxido de hidrógeno, respectivamente, mientras que la K_m aparente con o-dianisidina fue de $7,7 \times 10^{-3}$ mM. La K_m más baja y la V_{max} / K_m más alta con o-dianisidina presentaron la mayor tendencia de la enzima hacia el peróxido de hidrógeno y la especificidad del sustrato, o-dianisidina. El escaldado de la POD de zanahoria se realizó en el rango de 35 a 75 ° C de temperatura durante 0,5 a 180 min de tiempo, la cinética de desactivación de la POD mostró un modelo bifásico de orden 1, y a 75 °C, la POD expuso un comportamiento monofásico de orden 1. Se determinó los parámetros cinéticos, k y E_a ,

para las fracciones de peroxidasa termolábiles y resistentes al calor. Se obtuvo un comportamiento bifásico de desactivación enzimática para el tratamiento con microondas a 70 y 210 W, mientras que a potencias de microondas de 350 y 700 W la inactivación de POD fue monofásica. Resultando que el calentamiento en microondas es más efectivo desactivando la enzima que el tratamiento térmico, y la retención de vitamina C fue mayor en las muestras tratadas con microondas que en el tratamiento térmico. (Soysal & Soylemez, 2005)

Antecedente 5. Cinética de inactivación térmica de peroxidasa y lipoxigenasa de brócoli, espárragos verdes y zanahorias, las curvas de desactivación de la peroxidasa (POD) y lipoxigenasa (LOX) en extractos de brócoli (floretes), espárragos verdes (punta y tallo) y zanahorias (corteza y núcleo) se determinaron a temperaturas de 70 a 95 ° C para 0 hasta 600 s de tiempo. Usando el método del tubo capilar para lograr condiciones cuasi-isotérmicas. La cinética de ambas enzimas expuso un modelo bifásico de primer orden, mientras que, a 70 ° C, la lipoxigenasa en los espárragos demostró un comportamiento monofásico de primer orden. No se detectó actividad de lipoxigenasa para las zanahorias. Se determinaron los parámetros cinéticos, k y E_a , para las fracciones de isoenzimas termolábiles y resistentes al calor, las actividades iniciales y residuales de ambas enzimas dentro de las secciones de tejido manifestaron diferente distribución y estabilidad térmica. (Morales Blancas, Chandia, & Cisneros, 2002)

2. A nivel nacional

Antecedente 1. Transferencia de masa en la deshidratación osmótica a vacío de rodajas de *Ananascomosus* L. Merr “piña” de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Se estudiaron los efectos de la temperatura y presión en la velocidad de transferencia de masa en la deshidratación osmótica al vacío de rodajas de *Ananascomosus* L. Merr “piña”. En las pruebas se utilizó solución de sacarosa de 65° Brix a 40 y 50 °C, presiones de 1013, 220 y 100 mb, por tiempos de 30, 60, 120, 180 y 240 min se descubrió que la mayor transferencia de masa se logró a 100 mb a las situaciones de trabajo descritas.

Se encontró en todos los casos que la muestra en condiciones de vacío disminuye más peso en cotejo con los tratamientos a condiciones de presión atmosférica. La Difusividad extra fickiana para el agua y sólidos solubles es mayor al vacío que a presión atmosférica, considerando constante la temperatura de operación. El incremento de la temperatura de trabajo en la DOV y atmosférico, es directamente proporcional al valor numérico de la difusividad para los componentes agua y sólidos solubles. La actividad de agua disminuye con mayor intensidad cuando las muestras son tratadas a vacío en comparación al deshidratado a condiciones atmosféricas. En la primera hora de tratamiento ocurren la mayor transferencia de agua y sólidos solubles. (Dávila Solar & López Ráez, 2005)

Antecedente 2. El trabajo de investigación “Evaluación de métodos de inactivación enzimática en la obtención de pulpa de membrillo (*Cydonia*

oblonga)”, fué realizado debido a que el membrillo es muy susceptible al pardeamiento enzimático, produciendo coloraciones y cambios bioquímicos que afectan el color, sabor y otras características nutritivas desfavorables para productos derivados de este fruto; tal es así en la obtención de pulpa, por tanto el objetivo fue: evaluar el mejor método de inactivación de enzimas en la obtención de pulpa de membrillo (*Cydonia oblonga*), para lo cual se tuvo cuatro tratamientos de inactivación enzimática: A1 por ebullición, A2 con vapor, A3 con ácido cítrico al 2% y A4 con ácido cítrico y ácido ascórbico al 2%. Se evaluó el mejor tratamiento con un análisis de colorimetría que registra la coloración que se produce por el pardeamiento enzimático, y la actividad enzimática por espectrofotometría midiendo la absorbancia que está relacionada con la concentración de compuestos fenólicos, producidos por enzimas como la peroxidasa, que es la más resistente a escaldados. Resultando como óptimo el tratamiento con vapor a 110°C por 8 min una carga de 250 g.; teniendo los resultados de colorimetría L = 54.69; y dE= 55.07 una diferencia total, evaluación de peroxidasa $\Delta\text{abs}/\text{min} = 0.0082$, actividad enzimática U= 0.314 y U/g = 10.46. Finalmente se evaluó las características físico-químico y químico la pulpa de membrillo con el mejor tratamiento, el cual fue pH = 3.47, Brix de 12.07 y porcentaje de acidez de 0.88% humedad de 88.40%, proteínas 1%, grasa 0.36%, fibra 1%, ceniza 3.40% y carbohidratos 5.84%. (Calderon Parra, 2015)

Antecedente 3. El trabajo de investigación se ejecutó en los laboratorios de Análisis de Alimentos y Análisis Sensorial de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Los objetivos fueron determinar el tiempo y la temperatura adecuados para el escaldado de la pulpa de cocona, a través de la evaluación del ácido ascórbico, la actividad de la peroxidasa y el color y determinar el tiempo de almacenamiento y temperatura de congelación de la pulpa de cocona, evaluado a través de la capacidad de retención de agua y acidez titulable. Se evaluaron tiempos de escaldado de 2, 3 y 5 minutos a 85, 90 y 95°C y almacenamiento en congelación a -15 °C y -20 °C por 12, 15 y 18 horas. Se realizaron los análisis antes y después de congelación de la pulpa. Se encontró que el tiempo y temperatura de escaldado más adecuado es por 5 minutos a 85°C y el almacenamiento en congelación a -15°C, ofrecen la mejor alternativa para conservar la pulpa de cocona, puesto que con ese tratamiento se logra no solo una menor degradación de ácido ascórbico si no también menor deterioro en la capacidad de retención de líquidos y menor disminución de su acidez. (Rengifo Ortega, 2014)

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1 Bases teóricas

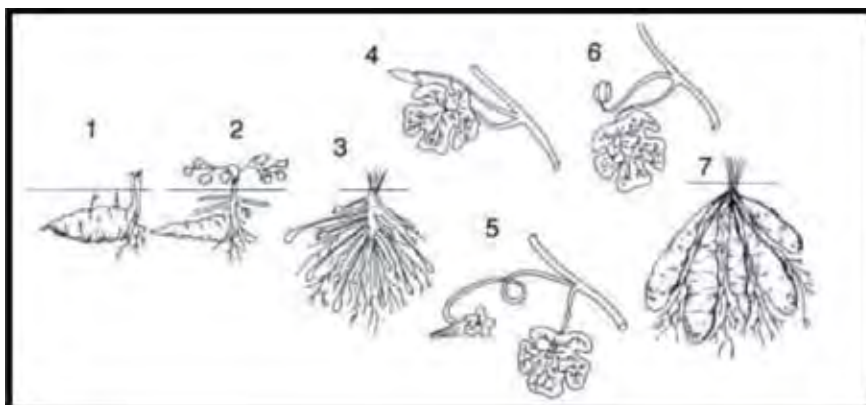
1.1.1. La mashua

1.1.1.1. Descripción botánica

La mashua (*Tropaeolum tuberosum*) es un tubérculo originario de América del sur, su cultivo se realiza especialmente en países como: Ecuador, Perú y Bolivia; forma parte del conjunto denominado raíces y tubérculos andinos (RTAs) así como la papa, melloco, oca, miso, achira, y otros. En Ecuador es conocida con los nombres de: mashua, majua y maxua. (Grau, Orteaga, Nieto, & Hermann, 2003)

Dentro de los tubérculos que crecen en los andes, el año es el tubérculo con mejor rendimiento, se halla entre 9 y 70 TM/ha con pocos insumos para su cultivo a pesar de su alta productividad no logra el interés del mercado y por ende la ampliación de áreas de cultivo. (Grau, Orteaga, Nieto, & Hermann, 2003)

Figura 1. Desarrollo de la mashua.



Nota. 1 Emergencia; 2 Formación del estolón; 3 Tubercización; 4-5 Floración; 6 Fructificación; 7 Maduración del tubérculo. Fuente: (Lescano, 1994).

La mashua es un vegetal con una altura de 20 a 80 cm, cilíndricos y delgados con un diámetro de 0.2 a 0.4 m ramificado de un tono purpura, con hojas de color verde oscuro resplandeciente en el haz y verde claro en el envés, las flores son únicas de disímiles tonos que cambian de rojizas o anaranjadas, la mashua se diferencia de la oca y al olluco por su gran cantidad de raíces (Hernandez y León, 1992).

➤ **Tallo**

Los tallos son cilíndricos, crecen de forma recta o un poco inclinadas presentando algunas ramas de tonos violeta oscuro.

➤ **Hojas**

Son hojuelas delgadas y redondeadas de tono verde oscuro que brilla en el haz y un poco más tenues en el envés, por lo que poseen una frondosidad compacta.

➤ **Flores**

Son de diversos tonos que varían desde los colores amarillos o anaranjados a un rojo oscuro, con 5 y sépalos rojizos y pétalos amarillos, poseen de 8 y 13 estambres, las flores se encuentran abiertas de 9 a 15 días.

➤ **Tubérculos**

(Gómez, 2000) Determina que, los tubérculos que produce la Mashua miden de 5 a 15 cm de largo y 3.0 a 6.0 cm de ancho, tienen forma cónica alargada, yemas profundas, y variados colores como el amarillo, blanco, rojizo, morado, gris y negro, con jaspes oscuros en la piel. El tubérculo posee una textura arenosa y contiene 15 % de proteínas, con alto porcentaje de carbohidratos y 80 % de agua. Debido a la presencia de isotiocianatos, que también se encuentran en la mostaza y los rabanitos, la Mashua tiene un sabor acre y picante, pero que desaparece con la cocción volviéndose dulce.

1.1.1.2. Taxonomía.

Reino: Planta

División: Espermatofita

Subdivisión: Angiospermas

Clase: Dicotiledóneas

Súper orden: Dicotilordinales

Orden: Geraniales (geraniales)

Suborden: Geraniineae

Familia: Tropaeolaceae

Género: *Tropaeolum*

Especie: *Tropaeolum tuberosum*

Fuente: (Meza et,al , 1997)

1.1.1.3. Origen

La mashua se encuentra entre los 2.800 y 4.000 msnm en los países andinos, como Perú, Bolivia, Colombia y Ecuador en donde es posible encontrar en forma silvestre y cultivada, y es resistente a temperaturas bajas, insectos y plagas. No se puede establecer con exactitud donde es el origen y la posterior distribución de este tubérculo; es posible que se haya originado en el Perú y a partir del año 1582 períodos preincaicos, ha sido plantada y usada por nuestros

antepasados por su alto valor nutritivo, medicinal y además su cultivo es factible en lugares alto andinas del país. Es posible que la mashua se haya originado en los andes centrales (10-20°lat.S.), es un cultivo que crece en la sierra alta, por lo que, se le cultiva en Perú, Bolivia y Ecuador. Las colecciones de variedades de mashua del Perú, protegidas y valoradas en Huancayo, Ayacucho, Cusco, Cajamarca y Puno, exceden las 300 variedades, varias de estas se conservan in vitro en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en Lima (Espinoza, Patricio, 2000).

1.1.1.4. Composición química.

En la Tabla 1 se especifica el contenido de nutrientes contenidos en la mashua en base a la materia seca, ciertos nutrientes pueden ser considerablemente variables debido a factores como: genética de la especie, tipo de suelo de cultivo, prácticas culturales de cultivo y clima (Barrera, et al., 2004).

Es posible considerar a la mashua como una raíz y tubérculo andino (RTA) con mayor contenido de provitamina A, vitamina liposoluble, aminoácidos esenciales como lisina, aminoácidos no presentes en muchos cereales y leguminosas indicada en equivalentes de retinol (ER), mostrando un contenido promedio de 74 ER/100 g de muestra (Espin et al, 2001)

Tabla 1. Composición química de la mashua.

Parámetro	Valor
Humedad (%)	88.7
Cenizas (%)	4.81
Proteína (%)	9.17
Fibra (%)	5.86
Extracto etéreo (%)	4.61
Carbohidrato total (%)	75.4
Almidón (%)	46.92
Azúcar total (%)	42.81
Azúcares reductores (%)	35.83
Ca (%)	0.006
P (%)	0.32
Mg (%)	0.11
Na (%)	0.044
K (%)	1.99
Cu (%)	9
Fe (%)	42
Mn (%)	7
Zn (%)	48
I (ppm)	-----
Energía (Kcal/100g)	440
Vitamina C (mg/100g mf)	77.37
Eq. Retinol/100g mf	73.56
Ácido Oxálico/100g mf	-----

*Datos expresados en base seca, muestra entera

Fuente: (Espin et al, 2001)

1.1.1.5. Toxicidad de la mashua.

A esta planta se le imputa propiedades anafrodisiacas reduce la proporción de testosterona y dihidrotestosterona en el fluido sanguíneo, logrando reducir el deseo sexual y se cuenta que anteriormente nuestros antepasados (incas) se alimentaban

con la mashua como aperitivo para disminuir el deseo sexual (Cardenas, 1989).

1.1.1.6. Valor nutritivo

La mashua cuenta con aproximadamente del 15% de proteínas, con alto contenido en beta caroteno, minerales como Fe, K, P, Mn, Cu, Zn y cuenta con propiedades antioxidantes como el ácido ascórbico (vitamina C), aparte de suministrar hidratos carbono. En su almacenamiento la mashua, incrementa su contenido de azúcar siendo más dulce, por la hidrolización de almidones en azúcar. En tropeoláceas el componente principal son los glucosinolados, que pueden ser causantes de los usos medicinales de la especie (Espinoza et, al, 2002).

1.1.1.7. Variedades

Preexisten más de 100 diversidades de mashua registrados. Aun no hicieron investigaciones profundas y detalladas de las diversidades de *Tropaeolum tuberosum*, ciertos científicos los catalogan por el color de tuberculo, tipo y repartición de colores (Meza et,al , 1997) .

Los colores de Mashua lo distinguen por su tonalidad del tubérculo en el dialecto quechua.

Tabla 2. Variedad de la Mashua

Variedad	Color
Occe añu	plomizo
Yana añu	Negrusco
Puca añu	rojizo
Muro añu	Morado
Checche añu	Gris
Kello añu	amarillo
Yurac añu	blanco

Fuente: (Caceda, 1991)

Hay una gran variedad de ecotipos basándose en su forma y color, los ecotipos que más se cultivan son: Ñawi, Kello, Yana, Zapallo Amarillo y en menor cantidad el Cheychi (Echegaray, 1998).

1.1.1.8. Ecología y adaptación

➤ **Altitud**

Por su alta resistencia a temperaturas bajas la mashua puede crecer a mayor altitud que los otros tubérculos.

En el Perú la mashua crece en un rango de 3000 – 3800 msnm. Siendo la adecuada de 2400 – 4300 msnm.

➤ **Temperatura**

La mashua es cultivado a temperaturas bajas que fluctúan de 12 – 14°C, este cultivo resiste heladas, y el intervalo de temperatura puede variar de 4°C hasta probablemente de 20°C

➤ **Precipitaciones**

La mashua demanda lluvias en un intervalo de 700 – 1600 mm. Se considera que es un cultivo resistente a la sequía.

➤ **Suelo**

Necesita de suelos sueltos, con un pH sutilmente ácido entre 5- 6, aunque también se crece entre un pH de 5.3 – 7.5. (Hernandez y León, 1992).

1.1.1.9. Producción y rendimiento de mashua en las provincias de la región Cusco.

Tabla 3. Superficie sembrada mensual de Mashua región Cusco Campaña agrícola 2016 - 2017 (has)

Meses	Superficie sembrada has. 2017	Superficie cosechada has 2017
Agosto	0	0
Setiembre	340	0
Octubre	334	0
Noviembre	156	0
Diciembre	57	0
Enero	10	0
Febrero	0	0
Marzo	0	0
Abril	0	13
Mayo	0	361
Junio	0	485
Julio	0	37
Total campaña	897	896

Fuente: (MINAG, 2018)

Tabla 4. Superficie cosechada y rendimiento de mashua en la Región de Cusco 2016 – 2017

Producción mensual 2017	Toneladas	Rendimiento promedio kg/ha
Agosto	0	0
Setiembre	0	0
Octubre	0	0
Noviembre	0	0
Diciembre	0	0
Enero	0	0
Febrero	0	0
Marzo	0	0
Abril	166	12 769
Mayo	3 128	8 664
Junio	396	7 184
Julio	0	10 703
Total campaña	7 174	8 006

Fuente: (MINAG, 2018)

Tabla 5. Producción y rendimiento de mashua en el año 2016-2017

PROVINCIAS DE LA REGION CUSCO	PRODUCCION Y RENDIMIENTO DE MASHUA EN EL 2016 – 2017	
	PRODUCCION (Tn)	RENDIMIENTO (Kg/Ha)
Acomayo	141.00	4272.73
Anta	0.00	0.00
Calca	400.00	4255.32
Canas	0.00	0.00
Canchis	361.00	6811.32
Chumbivilcas	0.00	0.00
Cusco	107.00	6687.50
Espinar	0.00	0.00
La Convención	0.00	0.00
Paruro	1541.00	13400.00
Paucartambo	2191.00	7909.75
Quispicanchi	2584.40	5941.15
Urubamba	0.00	0.00
Región Cusco	7325.40	7160.70

Fuente: (MINAG, 2018)

Tabla 6. Producción y rendimiento entre el año 2017-2018

PROVINCIAS DE LA REGION CUSCO	PRODUCCION Y RENDIMIENTO DE MASHUA EN EL 2014 – 2015	
	PRODUCCION (Tn)	RENDIMIENTO (Kg/Ha)
Acomayo	0.00	0.00
Anta	0.00	0.00
Calca	558.00	4536.59
Canas	0.00	0.00
Canchis	384.00	6981.82
Chumbivilcas	0.00	0.00
Cusco	63.00	6300.00
Espinar	0.00	0.00
La Convención	0.00	0.00
Paruro	1662.00	14084.75
Paucartambo	1836.00	7948.05
Quispicanchi	2713.20	6537.83
Urubamba	0.00	0.00
Región Cusco	7174	7580.04

Fuente: (MINAG, 2018)

1.1.1.10. Usos de la mashua

Alimenticio

La mashua recién cosechadas son muy amargas y se consumen en mínima cantidad, al cocerlos mejora su sabor.

- A veces es utilizada en sopas, en huatia análoga a la oca, después de solear las mashua por algunos días.
- La mashua en Bolivia es utilizado para el cebe de puercos.

- Las flores y sus brotes tiernos de la mashua se comen cocidos como verduras.
- La mashua también se come fritas, y algunos mesclan con azúcar para los postres. (Terrazas & Valdivia , 1998)

Medicinal.

- **Infusiones de mashua.** - La infusión de isaño es usada para malestares de los riñones, próstata e hígado. Inicialmente el año es lavado, en seguida se ralla y luego es secado al sol, los pedazos secos se chamuscan sutilmente y se almacenan. Para preparar la infusión de isaño se hierve agua y agrega al isaño tastado, por último, se deja reposar por unos minutos (Tapia & Fries, 2007).
- Al isaño se le imputa propiedades anafrodisiacas, se usa como depurativo, para remediar enfermedades venéreas; es un buen cicatrizante de heridas internas y externas también detiene hemorragias. En la sierra de Ecuador utilizan la mashua negra cocida con canela para curar la prostatitis y también para calmar la blenorragia. (Cardenas, 1989).
- En la medicina prehispánica se usó el isaño, perejil y jugo de lima, como líquido que ayudaba a curar cálculos del riñón y vejiga, y la medicina folklórica actual lo usa para

eliminar cálculos de los riñones, enfermedades prostáticas. (Cardenas, 1989).

1.1.2. Confitado

La fruta confitada es un alimento comestible en el cual el líquido del contenido celular, ha sido reemplazado por glucosa. Son productos naturales con un alto contenido de calorías, de consistencia firme, translucido y resplandeciente el mismo que es elaborado de frutas, raíces y tubérculos en trozos pequeños, además este producto se realiza en varias etapas de ebullición y reposo en jarabe, aumentando las concentraciones en cada etapa. Desde un inicio de 30° brix hasta 75 ° brix, de esta manera la sacarosa en el jarabe se introduzca en lo más profundo del tejido de la fruta. Con este método se logra reducir el peso inicial hasta en un 50 % de la fruta (Barrera, 2008)

Las frutas deshidratadas no solo prolongan la vida útil del alimento, sino que también le proporciona un dulzor diferente. Las frutas frescas son sometidas a una deshidratación, es una operación que tiene la finalidad de disminuir al mínimo la cantidad de agua de los tejidos de la fruta, con la finalidad de inhibir la acción de los microorganismos. Este objetivo se realiza a través de operaciones naturales (secadores solares) y artificiales (gas y electricidad). (Barrera, 2008)

1.1.3. El tratamiento térmico de los alimentos

Los tratamientos térmicos de los alimentos a altas temperaturas, son los procesos más eficaces para preservar los alimentos y es muy utilizado para atender el incremento de la demanda de alimentos a nivel mundial. El tratamiento térmico se realiza a altas temperatura durante tiempos cortos en la industria, de esta manera los alimentos sean inocuos; pero estos procesos son costosos para la industria, en el gasto de energía. Estos tratamientos térmicos talvez afecten la calidad nutricional y sensorial de los alimentos tratados térmicamente. Por esta razón la finalidad de reducir costos de consumo de energía en el tratamiento térmico, como también mejorar la calidad de los alimentos procesados. Para poder analizar uno de los fenómenos de transferencia de calor en los alimentos con contenido de líquido. Es conocer la transferencia de calor convectivo. (Geakocoplis, 1998)

La transmisión de calor se clasifica: calor seco y calor húmedo. Esto dependerá si se da a través de un gas o el aire; a esta se la conoce como calor seco. Pero en cambio cuando la transferencia se realiza por medio del vapor y agua se le denomina calor húmedo. Por otra parte, en el calor húmedo es debido a la coagulación, debido a que es sometida a la misma temperatura también para los microorganismos es más letal que el calor seco.

El procesamiento térmico de los productos depende de:

- Las enzimas y los microorganismos que son termo-resistentes presentes en los alimentos.
- La estructura física del alimento.
- Algunos microorganismos existentes inicialmente en los alimentos.
- pH de los alimentos.

(Geakocoplis, 1998)

Los tratamientos térmicos deben garantizar la destrucción de los microorganismos presentes en los alimentos. Por lo cual nos permite la comercialización de los productos alimenticios. Los tratamientos térmicos no se deben realizar de forma excesiva. el cual puede causar daño irreversible a la estructura física y como también a la eliminación de los nutrientes del alimento: los objetivos principales para el tratamiento térmico son.

- Inactivación de las enzimas del alimento.
- Eliminar los microorganismos que alteren al alimento.
- Eliminación de los microorganismos para no hacer daño a los consumidores.
- Evitar la pérdida de factores de calidad del alimento y aun costo de producción mínimo (Geakocoplis, 1998)

1.1.4. Los mecanismos de transferencia de calor

Estos mecanismos de transferencia de calor son: conducción, radiación y convección. Los dos primeros mecanismos de transferencia de calor son puros, mientras que la tercera convección es de la unión de los dos primeros, a través del fluido se transporta materia y energía por el movimiento del fluido.

La ley de Fourier es la transferencia de calor entre dos cuerpos por conducción, esto indica el caudal de calor por unidad de área es directamente proporcional a la gradiente de temperatura a través de las superficies planas de dos paredes las cuales se encuentran a distintas temperaturas. Por la capacidad de conductividad térmica de los cuerpos. (Aguado, 1999)

La convección está presente en productos con fluido no viscoso, los cuales no tienen diferencias significativas con respecto a la viscosidad en los tratamientos térmicos. Esta unida a una velocidad de calentamiento rápido y también a intervalos de tiempo cortos para aumentar la temperatura del alimento. (Rao & Anantheswaran , 1988)

La radiación es el fenómeno de transmisión de calor. Que se da a través de ondas electromagnéticas de la superficie de un cuerpo con longitud de onda muy amplia. (Aguado, 1999)

El flujo de radiación se incide en un cuerpo, una parte de esta puede ser reflejada (IR) y esta es transmitido por el (IT) y el

cuerpo absorbe el resto (IA) luego es transformada en energía interna incrementado la temperatura (TA). (Aguado, 1999)

Es importante mencionar, para su mejor estudio se debe extraer objetivos claros de transferencia de calor. Se dividen en tres que son: conducción, convección y radiación. Pero en la industria la transferencia de calor se realiza en fases secuenciales o también en paralelo y de manera simultánea se observa dos o tres mecanismos de transmisión de calor, de esta forma podemos observar la transmisión de calor en un horno.

- a) convección: interiormente de atmósfera gaseosa en horno.
- b) radiación: el alimento se está horneando entre la masa gaseosa y la pared del horno.
- c) La convección y la conducción: el interior del alimento se hornea.
- d) La conducción: se da entre la capa externa y el aislante esta la pared interna del horno.
- e) radiación: entre el medio ambiente y la pared exterior del horno.
- f) convección: en el exterior del horno el aire. (Geakocoplis, 1998)

La transmisión de calor es transmitir energía de un cuerpo a otro a la variación térmica que existe entre dos cuerpos. En la industria química y alimentaria esta transferencia es considerada muy importante en su mayoría. Como se sabe que los

mecanismos de transferencia de calor son conducción, convección y radiación, los dos primeros son muy utilizados en la industria para la esterilización de los productos envasados. (Geakocoplis, 1998)

Los microorganismos para su desarrollo tienen una temperatura máxima, mínima y óptima, si la temperatura disminuye por debajo del mínimo se inhibe el desarrollo de los microbios. Pero en este proceso las cepas no mueren. Por otra parte, la acción (CIDA) es provocada por el aumento de la temperatura del máximo permitido para su desarrollo, esto provoca la muerte de los microorganismos por desnaturalización de la proteína como también las enzimas. (Cheftel J, Cheftel, H y Besancon, P , 1983)

Para poder detener el crecimiento de los microorganismos se utilizan las bajas y altas temperaturas y estas son conocidas ampliamente. Pero cada microorganismo tiene su propia sensibilidad a altas temperaturas este se debe a la especie del microorganismo, las más termo resistente son las esporas bacterianas, son las que resisten temperaturas muy drásticas en el tratamiento. (Cheftel J, Cheftel, H y Besancon, P , 1983).

1.1.5. Enzimas (E)

1.1.5.1. Definición de las enzimas

La enzima es un conjunto de proteínas que catalizan reacciones bioquímicas. En otras palabras, aumenta la

velocidad de reacciones que ocurre sin alterar el equilibrio, por esta razón se llevan las transformaciones metabólicas en los microorganismos vivos desde el enfoque fisicoquímico y de su estructura proteica, su actividad catalítica de una enzima está definido por el ph y la temperatura de reacción. En la industria esas características son de vital importancia. (García , Quintero, & López, 2002)

La enzima está comprendida de proteínas globulares a una temperatura aproximada de 37°C a esta temperatura la velocidad de reacción química y biológica se acelera por una diferencia de 10¹² hasta 10²⁰, esto debido a una reacción no catalizada. La actividad de la enzima se define como una reacción catalizadora del cambio de sustrato de un micro mol de producto por unidad de tiempo, estas unidades son una medida de una cantidad determinada de enzima activa. (Fennema O. , 1980).

1.1.5.2. Mecanismo de reacción.

Una reacción enzimática de la enzima (E) hace que disminuya su energía de activación, de algunas reacciones enzimáticas. Mientras tanto el sustrato (S) se va uniendo con la enzima para formar un complejo enzima- sustrato (E-S), resultando mucho mejor estable que el sustrato puro, esto se puede apreciar en la reacción. Una vez realizada esta reacción se obtiene el producto (P), esta enzima es liberado

para seguir la reacción. Siendo eficaz en cantidades pequeñas. Teniendo en cuenta que k_1 y k_3 son constantes de la velocidad de la formación como también la separación. Del complejo enzima – sustrato (E- S), donde K_2 es constante de separación del producto y la enzima. (Venegas, 1994).



1.1.5.3. Características de las enzimas.

➤ La especificidad.

Su capacidad de una enzima de catalizar está determinada por una sola o un pequeño número de reacciones para el sustrato, la especificidad de una enzima es la que diferencia los catalizadores químicos, de esta forma también las enzimas son clasificadas, (Jimenez, 1993).

El sustrato también tiene una especificidad que es relativa absoluta como también sin especificidad, por lo cual, siendo la primera con más frecuencia, la enzima actúa en la sustancia de composición química parecidas, haciendo una diferenciación de la constante de velocidad de reacción (k). (Schmidt Hebbel y Pennacchiotti, 1982).

➤ **Regeneración.**

La regeneración es un fenómeno que consiste en el restablecimiento de la actividad enzimática después de haber sido sometido a un tratamiento térmico, sufre una desnaturalización parcial una parte de la proteína perdiendo de esta forma su estructura terciaria, por la combinación de hidrógenos o sulfidrilicos se produce una reversión a su estado inicial (Hemeda y Klein , 1990).

Luego de la inactivación térmica de una enzima por acción de la temperatura, la regeneración es posible, la enzima peroxidasa es la más resistente que se mantiene estable al calor (Jimenez, 1993). La peroxidasa tiene partes distintas a una resistencia térmica y también tiene la capacidad de regeneración, esto no influye tanto en el deterioro del alimento, pero el control se realiza en el escaldado si afecta. (Ganthavorn, et al , 1991).

El tratamiento térmico bajo ciertos parámetros y durante el almacenamiento, la peroxidasa se puede regenerar, esto puede tener inadecuado impacto en el color y el sabor del producto final. (Hemeda y Klein , 1990), la inactivación parcial no evita la regeneración de la enzima por lo cual esto ocurre en condiciones adecuadas de un medio ácido esto se debe a una combinación de un grupo hemo con la apoenzima desplegada, y esto es continuado por el

plegamiento para dar la estructura inicial o parecida a una peroxidasa. (Adams, 1991), cuando la peroxidasa no es totalmente inactivada al someterlo a un tratamiento térmico esta puede regenerarse. (Cheu y Chen, 1991)

Es sometida a un escaldado en donde se puede apreciar una desactivación total de la enzima. La regeneración se produce a temperatura de congelación de -18°C en el almacenamiento, solo se encontró una actividad regenerada de 1.23% de la actividad del producto inicial. (Aparicio, et al, 1992)

Las pasteurizaciones (HTST). No son recomendables para la inactivación térmica de la peroxidasa, esto se debe a la isoenzima presente ya que estas son resistentes al calor para iguales porcentajes de inactivación, la regulación es favorecida por los tratamientos de pasteurización (HTST). Ellos recomiendan que para evitar la regeneración de la peroxidasa sean sometidos a tratamientos largos, pero los alimentos sometidos a tratamientos severos perjudican la calidad producto en los enlatados y congelados también por este tratamiento severo puede perder las características organolépticas del alimento como también la calidad nutricional por deterioro de los aminoácidos y proteínas. (Hemeda y Klein , 1990)

➤ Isoenzimas.

Son moléculas de formas diversas de las enzimas que catalizan esencialmente a una misma reacción, pero son diferentes en las propiedades físicas y químicas o inmuno químicas (Schmidt Hebbel y Pennacchiotti, 1982).

La estructura primaria (secuencia de aminoácidos) es diferente, pero de igual especificidad de acción y de sustrato. Y sus propiedades físicas son diferentes a veces.

Cada alimento posee diferentes cantidades de isoenzimas, también se puede observar esta diferencia en vegetales de la misma especie que son distintas por la variedad, edad y factores ambientales. (Jimenez, 1993).

En los vegetales se encuentra las isoenzimas los cuales pueden causar dificultades en el escaldado, la isoenzima actúa sobre el mismo sustrato no obstante es diferente su composición química lo que se puede observar que las estabildades al calor son muy variadas. (Williams, et al, 1986).

En los vegetales se encuentra la peroxidasa de manera favorable, ionico y covalentemente enlazada, se hizo un estudio en el esparrago donde se pudo observar fracciones solubles como también estaban iónicamente enlazadas, pero con estructuras diferentes con similares propiedades.

La fracción iónicamente enlazada fue más estable, pero de forma leve al calor que la fracción soluble. (Wang y Luh, 1983).

➤ **Distribución de enzimas en los vegetales.**

En los vegetales la actividad enzimática es diferente e incluso en su misma especie, dentro de los vegetales las enzimas se encuentran distribuidas de forma variada esto se debe a la diferencia en sus estructuras químicas de los alimentos, por esta razón la velocidad de calor que penetra es diferente y las enzimas termo resistentes en los vegetales (Wang y Luh, 1983).

En los espárragos la peroxidasa tiene una velocidad de distribución que muestra ser dependiente de las dimensiones de la partícula como también su velocidad de transferencia de calor. También menciona que en la zona media y apical del espárrago la actividad de la peroxidasa son muy diferentes como también las isoenzimas están distribuidas en secciones. (Chandia, 2000)

Algunos estudios realizados en el tallo y flores del brócoli se pudieron apreciar resultados similares, no obstante, la actividad de la isoenzima en que se observó diferencias de distribución en el vegetal. (Kampis et al, 1984). También se realizó un estudio en las peras en donde se puede observar

que existe mayor equilibrio térmico en su exterior(piel) de la pera en relación a la parte interna (pulpa), la piel del fruto tiene la capacidad de regenerarse y la pulpa no tiene esa misma capacidad. (Donnelly y Robinson, 1990)

1.1.5.4. Acción de las enzimas en los alimentos.

Las reacciones químicas son aceleradas por las enzimas. Esto puede ocurrir durante procesamiento del alimento o también el almacenamiento. Esto causa en el producto pérdida de calidad organolépticas del alimento. El deterioro de los alimentos es causado por catalizadores biológicos y estos son responsables de la pérdida de calidad como por ejemplo la textura, valor nutritivo y sus características organolépticas. Estos deterioros en los alimentos son causados por unas enzimas como la peroxidasa, lipasa celulosa, lipoxigenasa, polifenol oxidasa, entre otros. (Schmidt Hebbel y Pennacchiotti, 1982), la actividad enzimática depende fundamentalmente del vegetal y su ph, del sustrato oxidable y a la temperatura del proceso. (Donnelly y Robinson, 1990).

El deterioro del interior de la célula endógena es realizado por las enzimas que catalizan las reacciones, estos afectan a los alimentos congelados en su calidad, estas enzimas son diferentes en su resistencia térmica, entonces esto afecta la velocidad de inactivación térmica de una enzima esto

depende la variedad de la enzima y también variedad del vegetal.

Las pérdidas de calidad se dan durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos, esto se debe a la acción de la enzima endógena oxidativa porque es catalizado por la transmisión de electrones de un alimento a otra por medio de una serie de instrumentos en el interior de una célula, de algunas enzimas redox en los alimentos son muy complejas su estudio debido a que utilizan el sustrato especialmente la peroxidasa, pueden catalizar un tipo especial de reacción, también debemos de tener en cuenta que la actividad enzimática es muy diferente cuando los alimentos son sometidos a tratamiento térmico.

1.1.5.5. Enzimas indicadoras.

En el transcurso del escaldado existe una eficiencia que puede ser probada mediante una enzima indicadora, cuando estas son sometidas a un tratamiento térmico en el cual se puede observar la inactivación térmica en el que se muestra de forma eficiente la inactivación. El bioindicador es usado como un instrumento para darnos información del impacto del tratamiento térmico en los vegetales. (Weng, et al, 1991)

La peroxidasa es conocida como una enzima indicadora universal, en los tratamientos térmicos de los vegetales y

está presente en todos los alimentos, esta enzima es una de las más termorresistentes de ahí su interés por su mayor estudio. (Matheis, 1990)

La peroxidasa y la catalasa son bioindicadores que fueron utilizados por muchos años en los procesos de escaldado. La inactivación de estas enzimas como la peroxidasa, hacían que disminuía la pérdida de la calidad de los alimentos en el almacenamiento de vegetales congelados. Por ser muy resistente a altas temperaturas, la enzima inactivada se creía que las demás enzimas que cambian la calidad también eran inactivadas, hoy se sabe que utilizar a la peroxidasa como un indicador universal, se pudo observar que solo existía pérdidas del sabor, color, textura y calidad nutricional, también un gasto energía muy excesivo y agua, por su alta resistencia térmica esto ocasiona un sobre procesamiento del alimento. De lo mencionado anteriormente es preciso establecer condiciones de proceso de los alimentos. Por eso se debe utilizar una enzima indicadora en cada vegetal para evitar el sobre procesamiento y evitar la pérdida de calidad y gasto excesivo de energía. (Barret y Theerakulkait, 1995)

La peroxidasa es relacionada con la disminución de la calidad de los alimentos tratados térmicamente, principalmente en los malos sabores, Sin embargo, algunos

estudios indican que la peroxidasa no es responsable de forma directa del deterioro de la calidad de los vegetales en almacenamiento de congelación. (Halpin et al., 1989),

La biosíntesis de lignina sería la responsable de la degradación de la clorofila. (Halpin et al., 1989),

La formación de lignina en los espárragos a excepción de esta, no se puede observar que relacione a la peroxidasa en el deterioro de la calidad de los alimentos. La enzima peroxidasa no está relacionada con el deterioro del sabor y la lipoxigenasa si sería la responsable del defecto en los vegetales congelados. Los investigadores anteriormente mencionados indican que la enzima lipoxigenasa debería de ser usada como un indicador ya que estas son más eficientes en el escaldado las arvejas verdes y frijoles. El tratamiento térmico a este último debe ser de menor tiempo debido a la enzima lipoxigenasa que es menos resistente al tratamiento térmico que la enzima peroxidasa. Esto evita que pudiera haber pérdidas de la calidad nutricional y organoléptica del producto en el almacenamiento en congelación. (Barret y Theerakulkait, 1995)

1.1.6. Peroxidasa

Generosamente se encuentra dividida en las plantas superiores, hallándose en concentraciones muy altas en el extracto de rábanos e higos. En variedades de frutas y verduras la masa molecular de esta enzima fluctúa entre 30000 y 54000 Dalton. Posee el grupo hemo, como grupo prostético. El átomo de hierro con varios compuestos forma diferentes complejos, también se detalla que las moléculas de la enzima se une un par de moléculas de Ca^{+2} . Su actividad enzimática del vegetal depende del pH, sustrato y la temperatura (Sigma, 1998).

1.1.6.1. Mecanismo de reacción

Este mecanismo de reacción está establecido en la peroxidasa en la conformación de un complejo enzima donante de hidrogeno. cómo podemos observar en la reacción.



Por medio de peróxidos (H_2O_2) cataliza algunos compuestos dadores de hidrogeno y como también fenoles (pirogalol, guayacol) y aromáticas (o-fenilendiamina). Es más utilizado como sustrato oxidable el guayacol, que en presencia de peróxido es oxidado en complejo coloreado de tetraguayacol (Fennema O. , 1980).

1.1.6.2. Estabilidad térmica.

Es dable que estén relacionadas las diferencias en la conducta de la peroxidasa de un vegetal a otro; con la presencia de isoenzimas que actúan diferente frente a la presencia de antioxidantes, temperatura, pH óptimo. (Hemeda y Klein , 1990).

Una de las dificultades de la inactivación de peroxidasa es la presencia de 1 - 10% o más de isoenzimas termoestables de peroxidasa en la mayoría de los vegetales. También uno de los inconvenientes es que bajo ciertas condiciones puede regenerarse de no destruir completamente la peroxidasa (Williams, et al, 1986).

1.1.6.3. Capacidad de regeneración.

(Williams, et al, 1986), menciona que con el tratamiento térmico se produciría una desactivación parcial de peroxidasa. De todos modos, (Aparicio, et al, 1992), demostraron incluso cuando se sometió a un sobre procesamiento de la peroxidasa, desactivándose de forma total, al tercer mes del almacenamiento en frío se produce una regeneración y que las pérdidas de calidad del producto no estarían relacionadas a esta actividad regenerada.

1.1.7. Los factores que afectan la actividad enzimática

Los factores de la actividad enzimática pueden ser controladas cuando se de en ciertas condiciones, tales como el pH, la humedad, temperatura, iones, la fuerza iónica, las radiaciones ionizantes, presión, las fuerzas cizallantes y efecto de interfase. La estructura enzimática y componentes microambientales está relacionada a la estabilidad de las enzimas. (Adams, 1991).

1.1.7.1. Efecto de la concentración de sustrato.

(Al-Obaidy & Siddiqi, 1981) Aseveran que la velocidad de reacción acrecentó cuando aumenta hasta un determinado valor la concentración de sustrato; en concordancia con el patrón general de reacciones enzimáticas.

(Jimenez, 1993), indica que las concentraciones de la enzima y del sustrato para una reacción propicia, deben estar de tal manera que durante la reacción se utilice menos del 1% del sustrato.

1.1.7.2. Efecto de la concentración de enzima.

En los alimentos se producen a velocidades limitadas las reacciones enzimáticas presentes por la concentración de enzima; no se afectaría la velocidad de la reacción por la disponibilidad generalmente alta del sustrato. Esto concuerda que con la concentración de lipoxigenasa que es

proporcional a su velocidad de su reacción. En el caso de otras enzimas difiere como en el caso de citocromo oxidasa, cuando esta tiene grandes cantidades produce inhibición en las reacciones. (Toledo, 1991)

1.1.7.3. Efecto de la temperatura.

En las enzimas la mayor parte tiene un rango óptimo de 30 – 40°C para su actividad y comienzan a desnaturalizarse sobre los 45°C. Las enzimas actúan a velocidad muy baja a temperaturas bajas (refrigeración y/o congelación), pero cuando se acerca a su rango óptimo la temperatura recuperan su actividad (Chandia C. , 2000).

1.1.7.4. El efecto del tiempo de reacción.

Presenta distintas velocidades una reacción enzimática, se inicia con una duración corta en la fase de latencia (seg), en donde la enzima se encuentra con el sustrato. seguido durante un tiempo dependiente de factores por una zona de máxima velocidad de reacción, como temperatura de la reacción, la concentración de sustrato, enzima; finalmente decrece en el tiempo la velocidad neta de una reacción catalizada por enzimas porque el sistema se aproxima al equilibrio químico (Chandia C. , 2000).

1.1.7.5. El efecto de la humedad.

La actividad de las enzimas se reduce en los alimentos secos notablemente debido a que la difusión de la enzima con el sustrato es dificultosa a niveles muy bajos de agua libre. La actividad de agua que es la medida de la disponibilidad de agua, sobre la velocidad de las reacciones por enzimas tiene una fuerte influencia, es decir, con un mayor contenido de agua libre la actividad enzimática aumenta, lo que ocurre en las reacciones hidrolíticas y no hidrolíticas (Jimenez, 1993).

1.1.7.6. El efecto del pH.

Se denomina pH óptimo en donde se presentan más actividad de pH estos biocatalizadores. que se encuentra en las condiciones de 5,0 a 9,0 regularmente. Lo cual fue demostrado que, de no encontrarse dentro del rango de pH óptimo, en la enzima se producen variaciones en su conformación de una cadena, esto se debe a la alteración de la carga proteica anfótera (la pérdida activa de la enzima se da a consecuencia de la pérdida de parte de la estructura terciaria).

Si la variación de pH es drástica esto puede ocasionar en la actividad un efecto irreversible; si la consecuencia es

reversible puede deberse a ionizaciones parciales de los grupos ácidos y básicos del centro activo (Jimenez, 1993).

En pH entre 4.0 y 8.0 la mayoría de las enzimas presentan su máxima actividad; por desnaturalización proteica los pH extremos inactivan las enzimas (Chandia C. , 2000).

(Chang, et al, 1984), mencionan que para la peroxidasa el pH óptimo es de 6.5 a 22°C.

1.1.7.7. El efecto de la fuerza iónica.

En una solución hay una afluencia de iones, el cual tiene consecuencias sobre la estabilidad de las proteínas como de su estructura, está relacionada con las concentraciones de grupos copados de proteína, dado que algunas proteínas son polielectrolitos, cabe señalar que a una menor carga proteínica es mayor la fuerza iónica por lo que tienen una relación inversamente proporcional (Chang, et al, 1984).

1.1.8. Inactivación enzimática

La actividad enzimática aparentemente se acrecienta cuando aumenta hasta alrededor de 40°C la temperatura, donde consigue un nivel máximo al cual se percibe para acción enzimática como la temperatura óptima. A temperaturas altas se visualiza una considerable reducción en la actividad a causa de que su estructura proteínica sufre una desnaturalización. Comúnmente se pretende inactivar a la polifenoloxidasas que es

la enzima causante del pardeamiento enzimático que se da por la oxidación y polimerización de compuestos fenólicos. A causa de la ruptura de las membranas celulares esta enzima es liberada de los cloroplastos por procedimientos de pos cosecha inadecuada como golpes, sometiendo el alimento a esfuerzos y etapas del proceso como pelado, cortado o troceado, escaldado y cocción, entre otros. (Ndiaye, Xu, & Zhang, 2009)

Sin embargo, la peroxidasa es la enzima que se emplea como indicador de la calidad del tratamiento térmico a causa de la facilidad con la que se determina su actividad y por ser termoestables. Como control para un adecuado escaldado se acepta una reducción en su actividad superior al 90%. (Goncalves, Pinheiro, Abreu, Brandao, & Silva, 2010)

Generalmente cumple el mecanismo de Lumry- Eyring, en donde se muestran con diferentes estabilidades dos isoformas: la pérdida de actividad de la isoforma E_1 que tiene dos fases, la primera que es muy rápido que es una transformación reversible (ecuación 5a), seguida por una transformación lenta e irreversible de un intermediario (ecuación 5b); mientras que la isoforma E_2 pierde su actividad de forma irreversible (ecuación 5c). (Polata, Wilinska, Bryjak, & Polakovic, 2009)





Dónde:

D es una forma reversible de la enzima inactiva,

I_1 e I_2 son las formas inactividad e irreversibles de las isoformas de la enzima

E_1 Y E_2 , respectivamente. Queda determinado por las ecuaciones diferenciales mostradas en las ecuaciones 6a, 6b, 6c el cambio de concentración, debido a este mecanismo:

$$\frac{dA_{E1}}{dt} = -k_1 A_{E1} + k_2 A_D \quad (6a)$$

$$\frac{dA_D}{dt} = -k_1 A_{E1} - k_2 A_D - k_3 A_D \quad (6b)$$

$$\frac{dA_{E2}}{dt} = -k_4 A_{E2} \quad (6c)$$

Con la siguiente ecuación se puede representar la inactivación enzimática por calor. (Chandia, 2000)

$$-\frac{dA}{dt} = k \cdot A \quad \text{Ec (07)}$$

En el cual, A igual a la actividad enzimática, a un tiempo t y k es la constante de velocidad de inactivación térmica (S^{-1}) como $\frac{dA}{dt}$ simboliza la variación enzimática con el tiempo.

La combinación de la ecuación (07) se tiene:

$$A = A_0 \cdot E^{-k \cdot t} \quad \text{Ec (08)}$$

En donde A_0 es la actividad inicial.

De la siguiente manera también se puede representar la ecuación 08:

$$AE = AE_0 e^{-kt} \quad \text{Ec (08a)}$$

La cual puede ser expresada de la siguiente manera:

$$\log\left(\frac{A}{A_0}\right) = \frac{-kt}{2,303} \quad \text{Ec (09)}$$

Para presentar el efecto de la temperatura a la velocidad de un proceso químico, incluyendo reacciones enzimáticas mediante la expresión matemática (Fennema, 1993) es la ecuación de Arrhenius:

$$k = k_0 e^{-E_a/RT} \quad \text{Ec (10)}$$

En la que el factor de Arrhenius es k_0 , la energía de activación es E_a , la constante universal de los gases es R y la temperatura absoluta es T .

Para representar el efecto de la temperatura sobre las velocidades de los procesos químicos, el modelo Arrhenius no es el único aplicado. El valor D de reducción decimal se define como a una temperatura constante se requiere de un tiempo necesario para inactivar, un 90% de la actividad enzimática original.

(Fennema, 1993) Esta expresión puede ser cambiada con la ecuación (09).

$$\log\left(\frac{A}{A_0}\right) = \frac{-t}{D} \quad \text{Ec (11)}$$

Por esta razón, la relación entre k y D es:

$$\frac{1}{D} = \frac{k}{2,303} \quad \text{Ec (12)}$$

Obteniéndose:

$$D = \frac{2,303}{k} \quad \text{Ec (13)}$$

Fennema, (1993) Menciona que se puede obtener el valor z, si se dispone de valores D a diferentes temperaturas, que representa la curva de inactivación térmica para que atraviese un ciclo logarítmico en un intervalo de temperatura necesario.

$$\log \frac{D_2}{D_1} = -\frac{1}{z} \cdot (T_2 - T_1) \quad \text{Ec (14)}$$

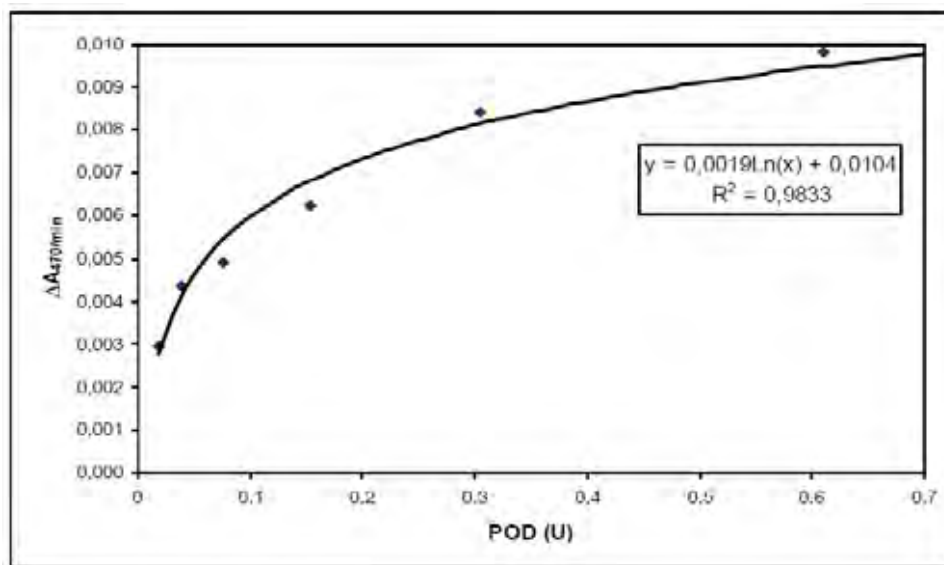
1.1.9. Curva de calibración de la peroxidasa

Se mide espectrofotométricamente la actividad de peroxidasa, a una longitud de onda de 470 nm, aplicando los reactivos de guayacol y peróxido de hidrogeno como donador de hidrógeno y sustrato (Saraiva et al, 1996).

La peroxidasa, se determina la actividad enzimática y se prepara en diferentes soluciones de concentración conocida como peroxidasa comercial. Variaron las concentraciones desde 0.02 U/ml de solución hasta 1.2 U/ml de solución. Se realizó la dilución con buffer fosfato de potasio a concentración de 0.2 M, pH 6.5. La longitud de onda, el tiempo y temperatura de reacción, así como el sustrato utilizado es igualmente aplicada en las determinaciones de actividad del vegetal analizado. La relación de las lecturas de absorbancia con la actividad enzimática se presenta en un gráfico presente en la figura 2. Mediante regresión lineal se obtuvo una ecuación, que fue empleada para transformar las lecturas de absorbancia en actividad enzimática (U) de peroxidasa de los extractos enzimáticos crudos y procesados. La actividad enzimática (U) se precisa como la variación de la absorbancia (ΔA) a una longitud de onda de 470nm por minuto (En un tiempo de 20 minutos se registró la reacción).

La ecuación que vincula las lecturas de absorbancia con la actividad enzimática estándar (U/g) del producto fresco y procesado (Cheu y Chen, 1991).

Figura 2. Curva de calibración de peroxidasa.



Fuente: (Cheu y Chen, 1991).

CAPITULO II

Materiales y métodos

2.1. Lugar de trabajo

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el ámbito de la región del Cusco, Provincia de Canchis, Distrito de Sicuani, a una altitud de 3546 msnm, la parte operativa del proceso de elaboración del confitado de mashua fue en el laboratorio de Análisis de los Alimentos de la Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial, los análisis correspondientes de la peroxidasa de la materia prima y el producto de confitado se realizaron en los laboratorios de la Escuela Profesional de Química de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, los análisis fisicoquímico y microbiológico se realizó en el laboratorio de la escuela profesional de Química de la Facultad de Ciencias de la universidad Nacional De San Antonio Abad del Cusco y en el laboratorio Luis Pasteur respectivamente.

2.2. Materia prima, insumos y reactivos

2.2.1 Materia prima.

3kg Mashua fresca (*Tropaeolum tuberosum*) variedad kello año procedentes de los productores del distrito de Marangani de la Provincia de Canchis del departamento del Cusco; obtenido en el mercado de abastos.

2.2.2. Insumos.

- Azúcar (blanca), marca Casa Grande.
- Cloruro de sodio, marca Sal Marina
- Cloruro de calcio
- Ácido Cítrico
- Bicarbonato De Sodio

2.2.3. Reactivos

- **Para la obtención del extracto.**

Buffer fosfato de potasio (0.2M) a un pH de 6.5 (Monofosfato de potasio, WINKLER LTDA; Difosfato de potasio, WINKLER LTDA).

- **Para la preparación del sustrato.**

- Guayacol (100%), marca Sigma Aldrich.
- Peróxido de Hidrógeno (30%) MERCK (agua oxigenada).
- Buffer fosfato de potasio pH 6.5 (0.2 M).
- Agua destilada.

2.3. Equipos, materiales e instrumentos

2.3.1. Equipos de laboratorio.

- Espectrofotómetro, marca Génesis 5/milton Roy, margen de error ± 0.5 nm, año 2010.

2.3.2. Materiales de vidrio y otros

- Vasos precipitados 25, 100, 250 y 500 mL
- 02 baguetas de vidrio.
- Fiolas de 50, 100 y 500 mL
- Probetas de 100 y 500 mL
- 60 tubos de ensayo
- 02 matraz Erlen Meyer de 500 y 1000 mL
- Embudos de pirex
- Pipetas de 0.5, 1, 2, 5 y 10 mL
- 02 espátulas de acero inoxidable
- 02 morteros
- Cubetas de cuarzo, 10 mm de paso óptico
- 02 pizetas
- 02 propipetas de goma.
- Cuchillos de acero inoxidable
- Ollas de acero inoxidable
- 02 gradillas
- Papel filtro
- 02 cocinas eléctricas

- Tablas de trozado
- Recipientes de acero inoxidable
- Colador

2.3.3. Instrumentos.

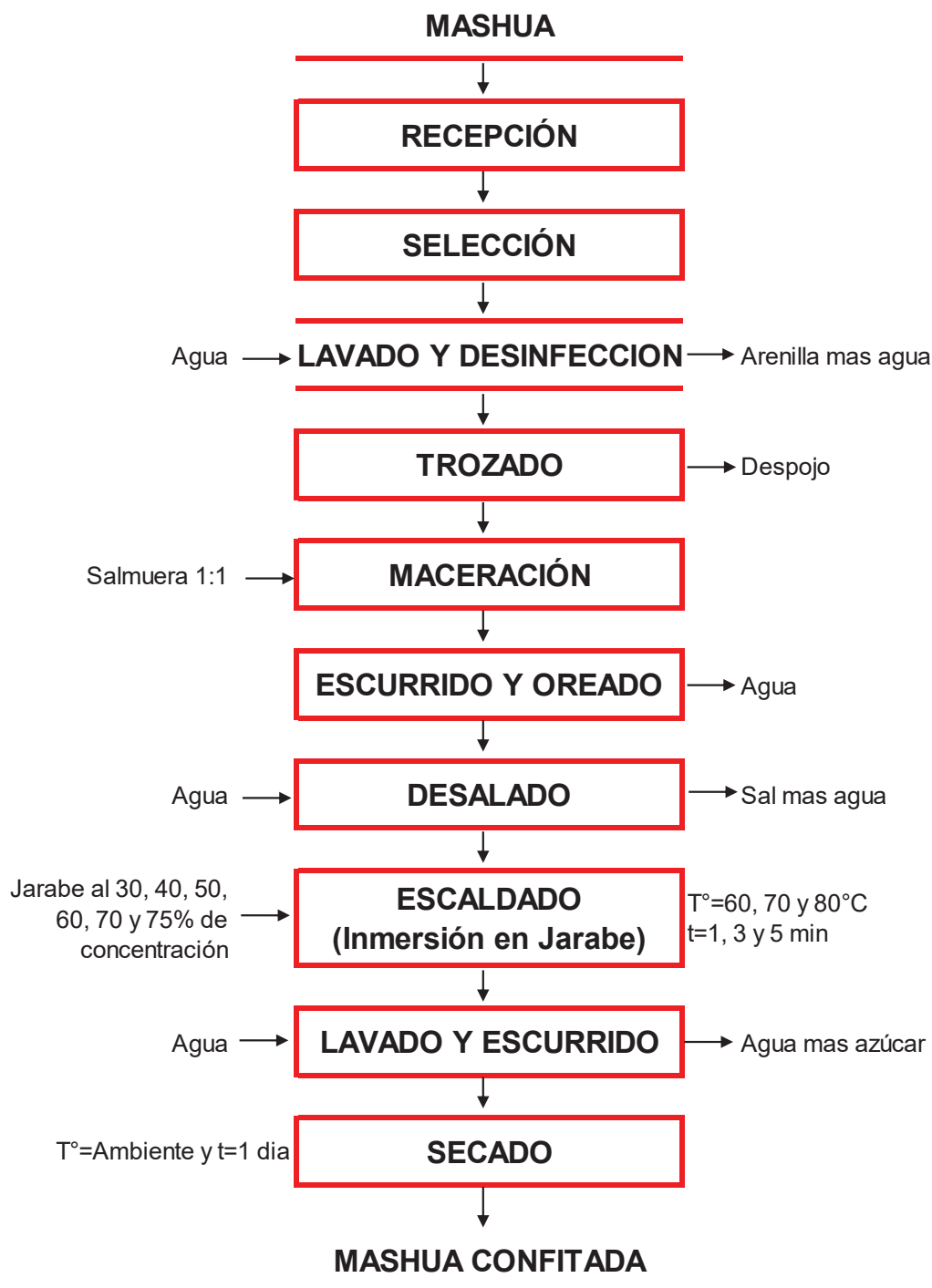
- Termómetros digitales de aguja, margen de error $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$
- Cronómetros.
- Balanza analítica de 500 g de capacidad, margen de error de ± 0.1 mg.
- Brixómetro modelo RHBO-90, margen de error ± 0.2 brix
- pHmetro marca Hanna modelo HI98129, margen de error ± 0.01 Ph.

2.4. Metodología experimental

2.4.1. Elaboración de mashua confitada

El confitado de mashua se realizó tomando como referencia el diagrama de flujo propuesto por **Solis, G. et al., (1999)** con algunas modificaciones.

Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de mashua confitada



2.4.1.1. Acondicionamiento de la materia prima (mashua)

➤ Recepción

Previa inspección y pesado la materia prima fue recepcionada en el laboratorio de Análisis de los Alimentos de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial.

➤ Selección

Se separó la materia prima que se encuentra en buen estado y se desechó los que se encuentran en condiciones no aptas, así como también las impurezas.

➤ Lavado y desinfección

La materia prima aceptada fue sumergida en una solución, de 10 litros de agua con 30 ppm de hipoclorito de sodio, con el fin de eliminar las bacterias y restos de tierra presentes en la superficie de la materia prima, con ayuda de un suave masaje por un tiempo de 2 min aproximadamente. Luego esta fue sumergida en agua para eliminar los restos de hipoclorito de sodio.

➤ Trozado

En seguida la materia prima fue trozada en cubos de 1.0 cm de arista aproximadamente para facilitar la transferencia de masa haciendo uso de un cuchillo de acero inoxidable.

➤ **Maceración**

Los cubos de mashua fueron colocados en un recipiente que contiene salmuera en una proporción de 1 litro de salmuera por cada kilogramo, de pulpa picada de mashua.

La cantidad de sal que se utilizó en la preparación de la salmuera es al 15% de concentración. (150g de sal)

➤ **Escurrido y oreado**

Las muestras fueron escurridas y oreadas

➤ **Desalado**

En esta operación se lavó con abundante agua los trozos de mashua con el fin de eliminar la sal.

➤ **Escaldo e Inmersión en jarabe**

Se preparó un jarabe con una concentración al 30% a partir de azúcar blanca refinada y agua. Se empezó a elevar la temperatura del jarabe para lograr una mejor dilución a 40°C aproximadamente en seguida se adicionaron los trozos de mashua, luego se dejó en reposo durante 24 horas.

Al día siguiente se separaron los cubos de mashua del jarabe, haciendo uso de un colador, después se agregó azúcar al jarabe hasta alcanzar una concentración al 40%. Se realizó la misma operación a la misma temperatura ya indicada en la

anterior operación, luego el conjunto se dejó en reposo durante 24 horas.

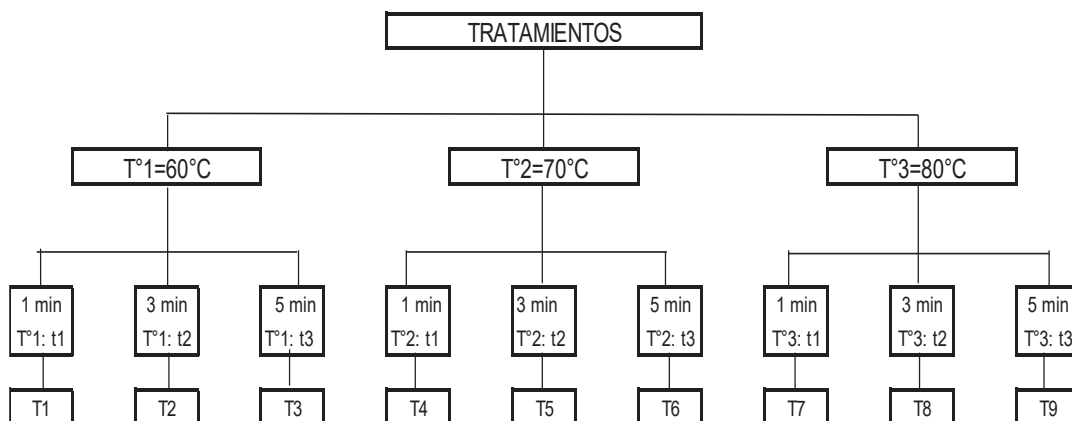
Haciendo uso de un colador se separaron los cubos de mashua del jarabe, luego se incrementó más azúcar elevándose la concentración del jarabe al 50%, en esta operación también se le agregó ácido cítrico y bicarbonato de sodio a razón de 0.3 g de cada uno por cada 1L de jarabe representando el 0.02% de concentración en el jarabe, el ácido cítrico y bicarbonato de sodio se emplea para evitar la caramelización en jarabes con alta concentración de azúcar. Inmediatamente después se sumergió los cubos de mashua asegurándonos que la temperatura del jarabe no supere los 40°C, enseguida se dejó en reposo durante 24 horas.

Se volvieron a realizar las operaciones anteriores, elevando la concentración del jarabe al 60%, 70%.

Para terminar, haciendo uso de un colador se separaron los cubos de mashua del jarabe y luego se incrementó la concentración del jarabe al 75% agregando azúcar. Inmediatamente después, se colocaron los cubos de mashua en el jarabe a las temperaturas de 60,70 y 80°C y tiempos de 1, 3 y 5 minutos de escaldado, el escaldado del confitado de mashua se realizó con la última concentración del jarabe, los tiempos y temperaturas de estudio en la investigación de este trabajo son por referencia bibliográfica, después el conjunto se

deja en reposo durante 5 horas aproximadamente, los tratamientos experimentales se muestran en la (Fig. 4)

Figura 4. Tratamientos Experimentales.



Fuente: Elaboración propia.

Donde:

T°1, T°2 y T°3: Temperaturas de 60°C, 70°C y 80°C respectivamente.

t1, t2 y t3: Tiempos de 1 min, 3 min y 5 min respectivamente.

T1, T8 y T9: Tratamientos

➤ **Lavado y escurrido.**

Los trozos de mashua fueron lavados con agua y posteriormente escurridos en un colador, luego se procedió a realizar las lecturas de absorbancia para luego determinar la actividad de la peroxidasa en el confitado de mashua.

➤ **Secado**

La mashua confitada se colocó encima de una malla con una abertura de 3.2 mm para su secado, tapándose con una tela muy delgada, parecido a la gasa, para impedir su contaminación por insectos, partículas extrañas y polvo durante 1 día a temperatura ambiente.

2.4.2. Determinación de la inactividad de peroxidasa.

La inactividad de la peroxidasa se determinó mediante espectrofotometría, por adaptación del procedimiento descrito por Sheu y Chen, (1991).

➤ **Preparación del extracto.**

Primero se pesó 5 g de confitado de mashua y 5 g de mashua cruda, en seguida se trituró la muestra en un mortero, luego se mezcló con 20 ml de buffer fosfato de potasio 0.2M, a un pH de 6.5, finalmente se filtró en papel filtro con apoyo de un embudo de vidrio a tubos de ensayo, luego el filtrado se utilizó como extracto enzimático.

➤ **Preparación del sustrato.**

El sustrato para la reacción enzimática analizada fue preparado según método de (Sheu, 1991)

Se mezcló 0.5 ml de guayacol al (100%), 0.5 ml de peróxido de hidrógeno al (30%), 249.50 ml de buffer fosfato de potasio 0.2M, a un pH de 6.5, y 249.50 ml de agua destilada.

➤ **Determinación de la actividad enzimática**

La actividad enzimática de la mashua se estableció logrando que una cantidad de extracto enzimático reaccione con el sustrato adecuado. Siendo la peroxidasa una enzima oxidorreductora la cual oxida guayacol estando presente el peróxido de hidrógeno ocasionando un resultado de color pardo-café. La actividad enzimática se formuló como la variación de la absorbancia por una unidad de tiempo ($\Delta A/\text{min}$). Para ello, se mezcló 0.12 ml de extracto con 3.48 ml de sustrato. La mezcla fue agitada, después de 20 min de iniciada la reacción se realizó la lectura a 470 nm.

Las lecturas de espectrofotometría se efectuaron en recipientes de cuarzo, y se compararon con un blanco, combinado por 3.48 ml del sustrato más 0.12 ml de agua destilada. De esta forma obtuvimos las lecturas de absorbancia de las diferentes muestras los cuales se utilizaron para calcular la actividad enzimática.

Los resultados de absorbancia obtenidos se muestran en el anexo N° 01.

2.4.3. Determinación de los parámetros cinéticos de inactivación

La determinación de los parámetros cinéticos (K , E_a , D y Z), se realizaron matemáticamente a través de las ecuaciones 08a, 10, 13 y 14 incluidas en la revisión bibliográfica.

➤ **Determinación de la constante de velocidad de inactivación térmica (K)**

La determinación del parámetro K se realizó a través de la ecuación propuesta por (Chandia, 2000) que en su forma integrada es:

$$AE = AE_0 e^{-kt} \quad \text{Ec (08a)}$$

Donde:

AE: Actividad enzimática (U/g)

AE₀: Actividad enzimática inicial (U/g)

K: Constante de velocidad de inactivación térmica (min⁻¹)

t: Tiempo (min)

➤ **Determinación de la energía de activación (E_a)**

La determinación de la energía de activación se realizó a través de la ecuación de Arrhenius, presentada en el capítulo I.

$$k = k_0 e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad \text{Ec (10)}$$

Donde:

E_a: Energía de activación (KJ/mol)

R: Constante universal (J/mol°C)

T: Temperatura (°C)

K_0 : constante de velocidad termica (min^{-1})

➤ **Determinación del valor de reducción decimal (D)**

El valor D se determinó a través de la ecuación:

$$D = \frac{2.303}{k} \quad \text{Ec (13)}$$

➤ **Determinación del intervalo de temperatura necesario para que la curva de inactivación térmica atraviese un ciclo logarítmico (Z)**

El valor de Z se determinó a través de la ecuación:

$$\log \frac{D_2}{D_1} = -\frac{1}{z} \cdot (T_2 - T_1) \quad \text{Ec (14)}$$

Donde:

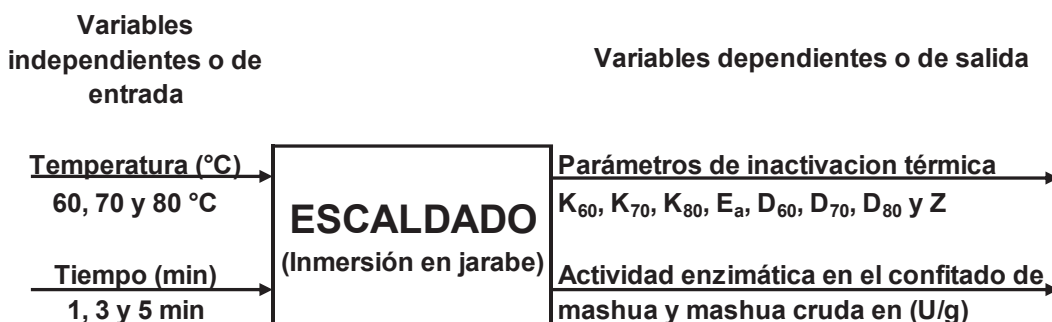
D_1 : Tiempo de reducción decimal inicial

D_2 : Tiempo de reducción decimal final

2.5. Diseño experimental

El experimento, como antes se explicó, se consideró tres temperaturas para el escaldado del confitado $T_1 = 60$ °C, $T_2 = 70$ °C y $T_3 = 80$ °C y en cada una de ellas se consideró tres tiempos de escaldado de trozos de mashua en el confitado $t_1 = 1$ min, $t_2 = 3$ min y $t_3 = 5$ min

Figura 5. Variables de estudio de la cinética de inactivación térmica de la peroxidasa.



Dónde:

T: Temperatura(°C)

t: Tiempo (min)

K: Constante de velocidad de inactivación térmica.

E_a : Energía de activación.

D: Tiempo de reducción decimal para inactivar a una temperatura constante.

Z: Intervalo de temperatura necesaria para que la curva de inactivación térmica de peroxidasa atraviese un ciclo logarítmico.

2.6. Diseño estadístico.

Se aplicó un diseño experimental multifactorial con 9 tratamientos y tres repeticiones es por lo que se tiene 27 muestras.

La metodología experimental usada permitió interactuar 02 variables (temperatura y tiempo), Con 3 niveles, conduciendo a los 9 tratamientos tabla 7.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUCIONES

3.1. Evaluación de la actividad enzimática (AE) de la peroxidasa (POD) en el escaldado para la elaboración de confitado mashua

La actividad de la peroxidasa de la Mashua (cruda) sin tratamiento térmico y con tratamiento térmico se muestra en la tabla (9), en ella se aprecia que con el incremento de la temperatura y tiempo de inactivación de la peroxidasa se disminuye la AE, este hecho se evidencia en la figura (6).

Se aprecia en la tabla (9); que con un tiempo de 5 min de tratamiento a una temperatura de 80°C la actividad enzimática es de 0.171 ± 0.0025 U/g de Peroxidasa, mientras que con un tiempo de un 1 minuto de tratamiento a una temperatura de 60°C es de 1.750 ± 0.0025 U/g de peroxidasa. En esta tabla se aprecia que a mayores temperaturas y tiempos la actividad enzimática se ha reducido considerablemente.

El comportamiento de los resultados del presente estudio guarda concordancia con Mendoza y Herrera (2012) y Polata *et al.* (2009) donde se observaron una disminución de la actividad enzimática de la peroxidasa en papa criolla con el incremento la temperatura y el tiempo, semejante comportamiento obtuvo Rivera *et al.* (2004) en la inactivación de la pulpa de uva caimaroná, de igual manera Santos *et al.* (2015) tuvo resultados similares para el tratamiento térmico de repollos de Bruselas (*Brassica oleracea*), de manera similar en el presente estudio es parecido en su resultado a la disminución de la

actividad enzimática con la conjugación de las variables de tiempo y temperatura a la investigación realizada por Sosa (2003).

Tabla 9. Actividad de la mashua

Tratamiento	t (min)	T (°C)	AE (U/g) experimental		
			\bar{x}	\pm	s
	Sin tratamiento		3.5834	\pm	0.0025
T1	1	60	1.750	\pm	0.0460
T2	3	60	1.232	\pm	0.0492
T3	5	60	0.973	\pm	0.0640
T4	1	70	1.369	\pm	0.0546
T5	3	70	0.803	\pm	0.0637
T6	5	70	0.514	\pm	0.0477
T7	1	80	0.930	\pm	0.0244
T8	3	80	0.334	\pm	0.0150
T9	5	80	0.171	\pm	0.0102

Donde: \bar{x} es la media, s es la desviación estándar.

*El cálculo para determinar la actividad de la peroxidasa se muestra en el anexo 01.

Para la inactivación de la peroxidasa en la elaboración de confitado de mashua en cuanto a la actividad de la peroxidasa tanto el tiempo como la temperatura de tratamiento térmico se presenta un efecto significativo ($p\text{-value} < 0.05$) sobre la actividad de la peroxidasa, de esta manera incrementos de tiempo y temperatura sugieren menores valores de AE, siendo el mínimo valor 0.171 U/g, se presenta la dificultad de encontrar productos muy análogos para realizar una discusión de los resultados del presente estudio, ya que la literatura científica proporciona datos de productos como la papa, frutas y otros, considerando a este estudio como primigenio, por tal la dificultad, considerando lo descrito discutimos nuestros resultados con productos que tienen una similar composición y estructura, por ejemplo la AE

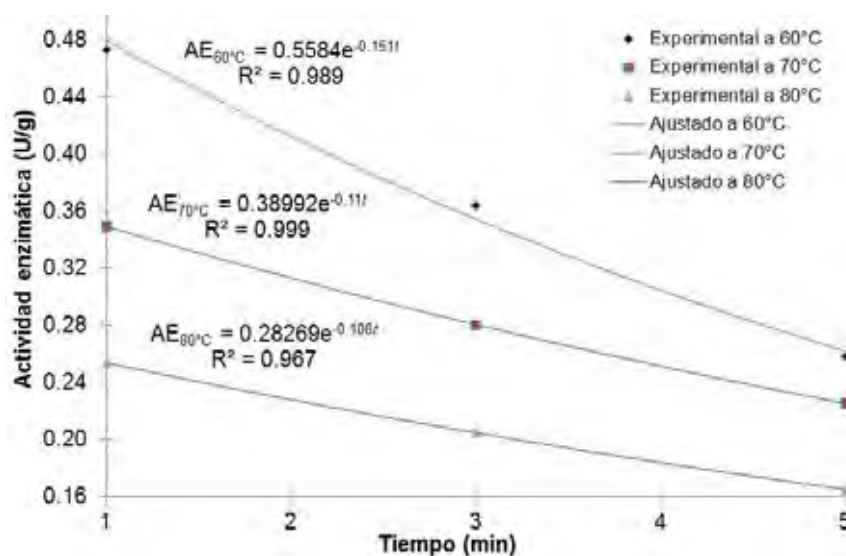
experimental después del tratamiento en la mashua en la tabla 09, nos indica que a 70°C en los tiempos de 1, 3 y 5 minutos tenemos 1.369, 0.803 y 0.514 (U/g) mientras que en su estudio Ricse y Cueva (2017) sobre el comportamiento cinético de la actividad de peroxidasa y color en papas, para la variedad canchan reporta a la misma temperatura en tiempos de 1,3 y 6 minutos AE de 1.21, 0.72, 0.62 (U/g) y en la papa Perricholi 0.750, 0.606, 0.412 (U/g) respectivamente indicándonos que la mashua tiene en similares condiciones de tratamiento una mayor AE que la papa en sus dos variedades, ocurriendo lo mismo a 80°C, este comportamiento se debe a la diferencia del tratamiento y a la composición final de los productos.

Se presenta una diferenciación notable para el análisis de la actividad enzimática de la materia prima en estado fresco y su comparación con la del producto obtenido, de igual manera en el trabajo de estudio experimental de Ramirez (2009) sobre la desactivación de la enzima Peroxidasa durante el proceso de escaldado de papas (*Solanum tuberosum*), con una actividad inicial de peroxidasa (POD) de 22.660 (U/g) la materia prima fue caracterizada enzimáticamente como unidad estándar de activación enzimática referidas a enzimas comerciales, en comparación con el presente estudio la actividad inicial de la peroxidasa de la Mashua 3.5834 (U/g) aproximadamente, la diferencia de entre ambas materias es su composición y estructura.

En este estudio de la cinética de inactivación térmica de peroxidasa (POD) en el confitado de mashua (*Tropaeolum tuberosum*), se aprecia

la reducción de dicha actividad, al aumentar las temperaturas y tiempos se reduce considerablemente la actividad enzimática, de manera análoga al reporte de (Ramirez, 2009) donde se indica que la actividad enzimática de la peroxidasa de papas industrializadas a una temperatura de 94,8°C por 1 minuto y 40 seg almacenadas durante 0, 21, 42, 63, 84 y 365 días. también sufren la reducción considerable de dicha propiedad, es así que es concordante el presente estudio con el estudio de (Latorre et, al 2013) sobre la evaluación de tratamientos térmicos en su estudio para inactivación de enzimas de jugo de Fique (*Furcranea gigantea* Vent), se aprecia que a temperaturas bajas de tratamiento y diferentes tiempos no se inhiben satisfactoriamente la actividad de la enzima peroxidasa. Todo lo contrario, que conforme el tiempo y temperatura de pasteurización se incrementan disminuye la actividad de la enzima mostrando una relación inversamente proporcional.

Figura 6. Efecto del tiempo y temperatura en la inactivación de la peroxidasa.



*Los cálculos se muestran en el anexo 02, para un nivel de significancia del 5%

Al aplicar el ANOVA bifactorial se concluye que tanto el tiempo como la temperatura presentan efecto significativo sobre la inactivación de la peroxidasa, ya que en ambos casos $p\text{-value} < 0.05$, esto significa que cualquier incremento ya sea del tiempo de contacto o la temperatura de inactivación incrementara el grado de inactivación (disminuye AE), tal como se aprecia en la tabla (10). El efecto combinado de tiempo-temperatura por otra parte también muestra efecto significativo ya que $p\text{-value} < 0.05$.

Se aprecia que los tratamientos de temperatura y tiempo son diferentes a los demás tratamientos ya que presentan diferencia significativa, al aplicar la prueba de Tukey al 95%.

Tabla 10. ANOVA bifactorial para la inactivación de la peroxidasa

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
T:TEMPERATURA	1.0584	1	1.0584	569.54	0.0002
t:TIEMPO	0.952813	1	0.952813	512.72	0.0002
TT	0.000018	1	0.000018	0.01	0.9278
tt	0.000081	1	0.000081	0.04	0.8480
Tt	0.0521645	1	0.0521645	28.07	0.0131
Error total	0.005575	3	0.00185833		
Total (corr.)	2.06905	8			

R-cuadrada = 99.7306 %

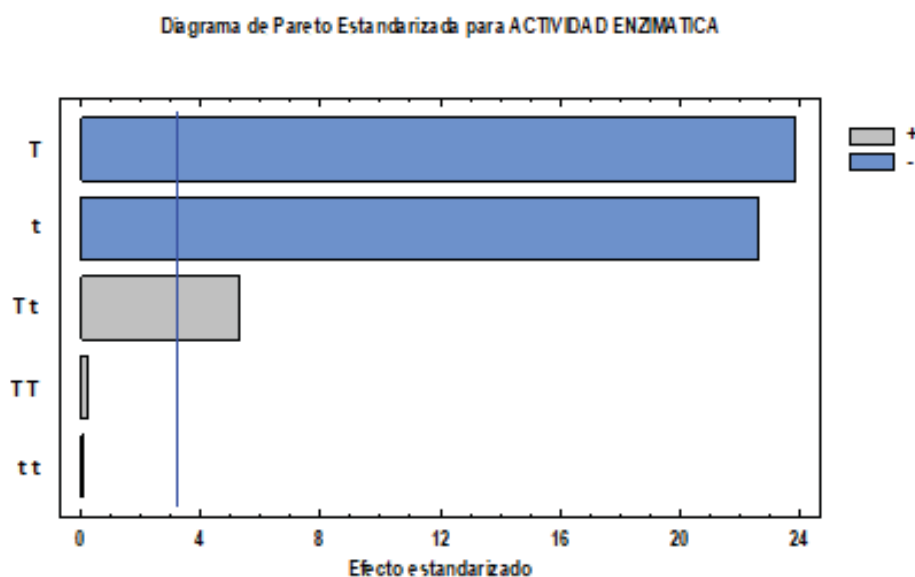
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 99.2815 %

La tabla 10, ANOVA particiona la variabilidad de la ACTIVIDAD ENZIMATICA en partes separadas para cada uno de los efectos.

Entonces se prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. Se tiene un valor-P menor que 0.05, en este caso de 3 efectos (Temperatura, tiempo y la interacción de temperatura y tiempo), con un nivel de confianza del 95.0%. se muestra que son significativamente diferentes de cero.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado, revela un 99.7306% de la variabilidad en la ACTIVIDAD ENZIMATICA. El estadístico R-cuadrada ajustada, es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 99.2815%.

Figura 7. Diagrama de Pareto - efecto estandarizado.



En la figura 7 se observa que la temperatura el tiempo y la interacción de la temperatura y tiempo influyen significativamente en la inactivación de la peroxidasa, mientras que la interacción de temperatura con

temperatura y tiempo con tiempo no influyen en la inactivación de la actividad enzimática de la peroxidasa.

PRUEBA DE MEDIAS EN LOS FACTORES SIGNIFICATIVOS.

➤ PARA TEMPERATURA.

Tabla 11. Prueba de Múltiples Rangos para ACTIVIDAD ENZIMATICA por TEMPERATURA

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

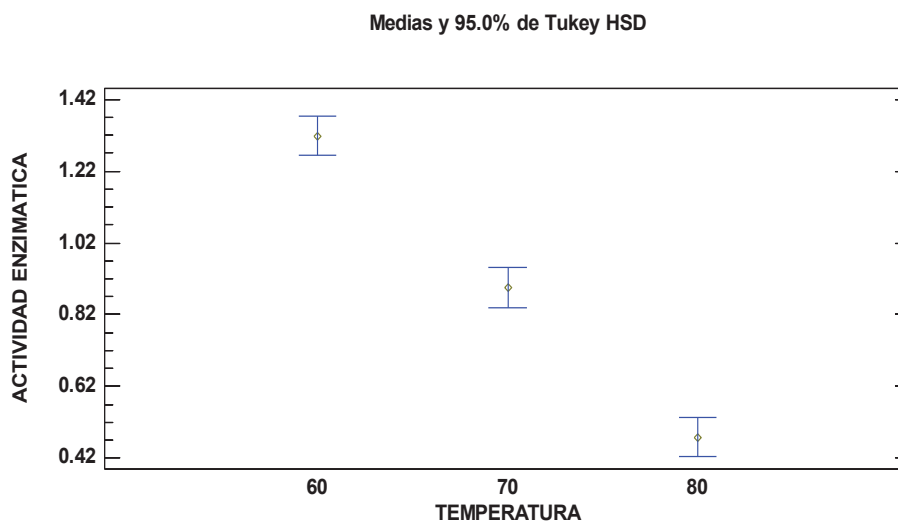
<i>TEMPERATURA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
80	3	0.478333	0.0217102	X
70	3	0.895333	0.0217102	X
60	3	1.31833	0.0217102	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
60 – 70	*	0.423	0.109406
60 – 80	*	0.84	0.109406
70 – 80	*	0.417	0.109406

* indica una diferencia significativa.

Se aplica un procedimiento de comparación múltiple en la tabla (11), para establecer cuál de estas medias son significativamente diferentes de las otras. El medio inferior de la salida indica las diferencias valoradas entre cada par de medias. El asterisco que se muestra al lado de los 3 pares indica que entre estos pares existe diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95.0%. El procedimiento utilizado actualmente para descartar entre las medias es el método de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey, en este procedimiento se tiene un riesgo del 5.0% al indicar que uno o más pares de medias tienen diferencia significativa, cuando la diferencia real es igual a 0.

Figura 8. Diagrama de prueba de medias por Turkey HSD, para temperatura.



En la figura 8 se aprecia que las medias de los tres pares de temperatura comparados son significativamente diferentes entre ellos.

➤ **PARA TIEMPO.**

Tabla 12. Prueba de Múltiples Rangos para ACTIVIDAD ENZIMATICA por TIEMPO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

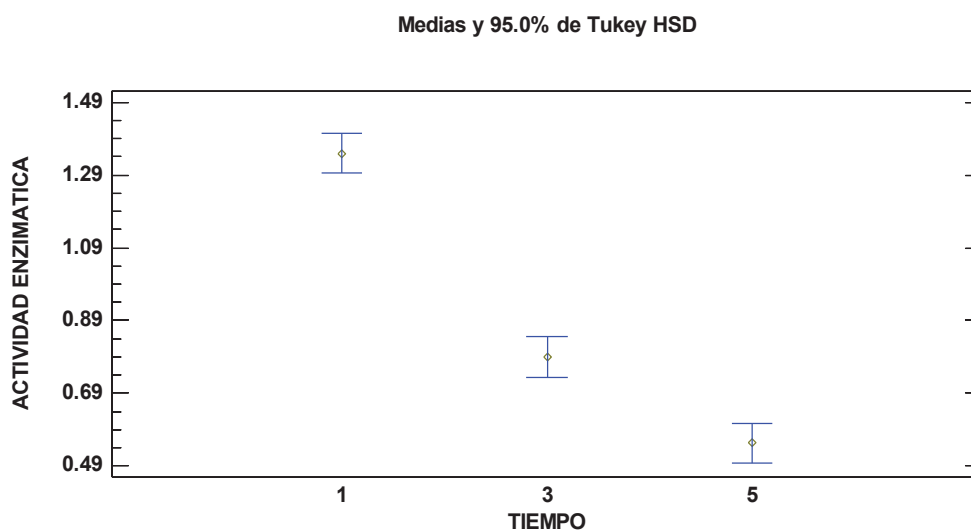
TIEMPO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
5	3	0.552667	0.0217102	X
3	3	0.789667	0.0217102	X
1	3	1.34967	0.0217102	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 – 3	*	0.56	0.109406
1 – 5	*	0.797	0.109406
3 – 5	*	0.237	0.109406

* indica una diferencia significativa.

Se aplica un procedimiento de comparación múltiple en la tabla (12) para establecer cuáles de las medias tienen diferencias significativas de las otras. El medio inferior de la salida indica las diferencias existentes entre cada par de medias. este método utilizado actualmente para descartar entre las medias es el método de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método se estima que hay una probabilidad del 5.0% al indicar que uno o varios pares de medias tienen diferencia significativa, cuando la diferencia real es igual a 0.

Figura 9. Diagrama de comparación de medias para tiempo en la inactivación de la peroxidasa.

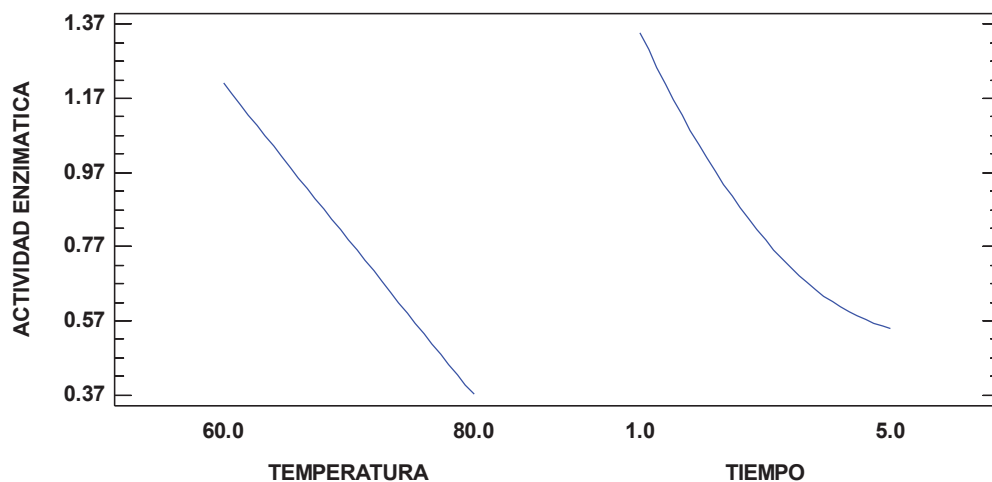


En la figura 9 se aprecia que las medias de los tres pares de tiempo comparados son significativamente diferentes entre ellos.

➤ EFECTOS PRINCIPALES

Figura 10. Diagrama de efectos principales del tiempo - temperatura en la inactivación de la peroxidasa.

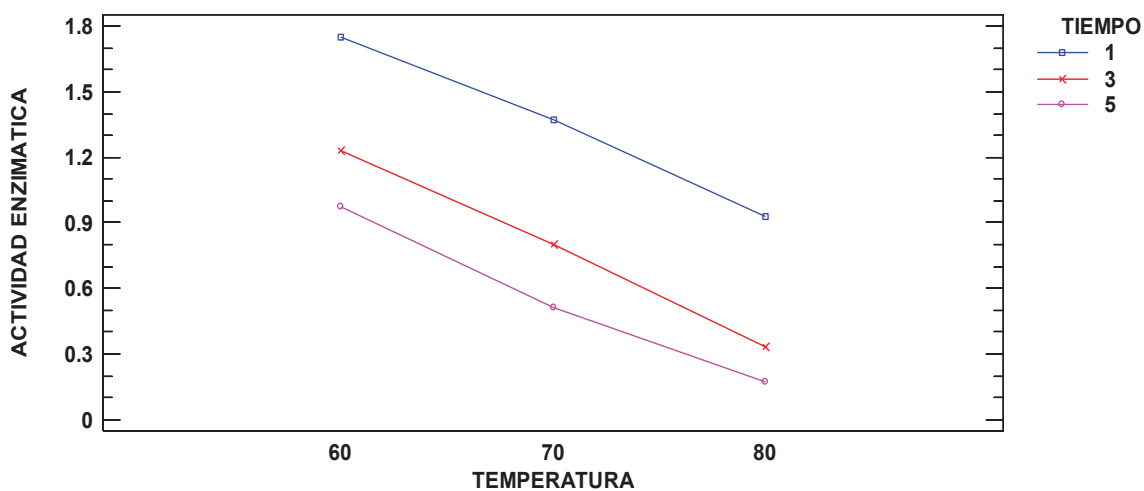
Gráfica de Efectos Principales para ACTIVIDAD ENZIMATICA



En la figura 10 se observa que a medida que la temperatura de escaldado incrementa la actividad enzimática de peroxidasa disminuye y de igual forma cuando el tiempo de escaldado incrementa la actividad enzimática de peroxidasa disminuye, mostrando así la temperatura y el tiempo de escaldado una relación inversamente proporcional con la actividad enzimática de la peroxidasa.

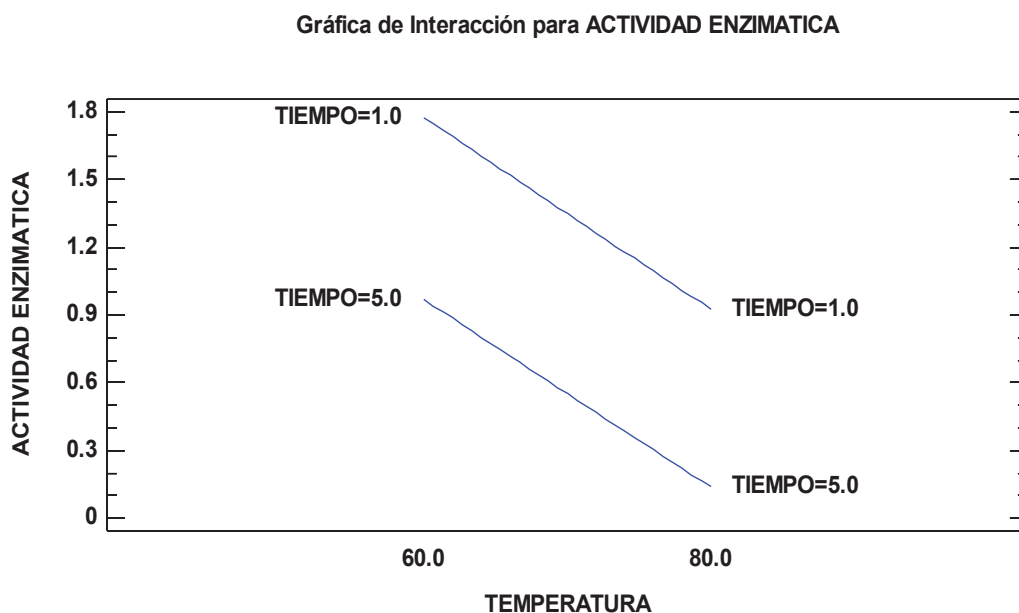
Figura 11. Diagrama de interacción del tiempo - temperatura en la inactivación de la peroxidasa.

Gráfico de Interacciones



La figura 11 muestra que al incrementar el tiempo y temperatura de escaldado en interacción disminuyen la actividad enzimática de la peroxidasa.

Figura 12. Diagrama de interacción para ACTIVIDAD ENZIMATICA.



En la figura 12 se aprecia que al incrementar la temperatura y el tiempo de escaldado en interacción la actividad enzimática de peroxidasa disminuye.

3.2. Determinación de la actividad residual de peroxidasa (pod)

Se determinó la actividad enzimática de la mashua cruda sin tratamiento térmico (materia prima) y la actividad enzimática de la mashua confitada con la interacción de 3 tiempos y 3 temperaturas diferentes obteniéndose un total de 9 tratamientos. Se transformaron en porcentaje de actividad residual las actividades enzimáticas obtenidas mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ Actividad residual} = \frac{AE(U/g)_f}{AE(U/g)_o} * 100\%$$

Tabla 13. Actividades enzimáticas (U/g) y residual (% actividad residual)

Tratamientos	Tiempo t (min)	Temperatura T (°C)	Actividad enzimática POD (U/g)	Actividad residual POD residual (%)
T1	1	60	1.750	48.842
T2	3	60	1.232	34.385
T3	5	60	0.973	27.156
T4	1	70	1.369	38.208
T5	3	70	0.803	22.411
T6	5	70	0.514	14.346
T7	1	80	0.930	25.956
T8	3	80	0.334	9.322
T9	5	80	0.171	4.773
Materia prima	0	0	3.583	

En la elaboración de confitado de mashua el tiempo y la temperatura de tratamiento para la inactivación de la peroxidasa presenta un efecto significativo (p-value < 0.05) sobre la actividad de la peroxidasa, asimismo los incrementos de tiempo y temperatura sugieren menores valores de AE, siendo el mínimo valor 0.171 U/g, en el estudio de (Ricse y Cueva, 2017) se determinó que entre las distintas temperaturas y tiempos con respecto a la actividad residual de peroxidasa (p-value < 0.05). existen diferencias significativas. De igual forma ocurre con la interacción de los factores (temperatura – tiempo); se puede observar que las variedades de papa no

influyen en los datos obtenidos de actividad relativa de peroxidasa.

En la elaboración de confitado de mashua el tiempo y temperatura de tratamiento para la inactivación de la peroxidasa, presenta una reducción de la actividad enzimática AE residual en aproximación a 60°C la reducción al 36.794%, a 70°C 24.88 % y a 80°C 13.350%, significando reducciones de 63 al 87% en el tiempo promedio de 3 minutos conforme a la tabla 13, la presente investigación es concordante con el estudio de (Latorre et, al 2013) reporta que la enzima POD para temperaturas que fluctúan de 70 a 90°C y tiempos de 120 a 360 segundos, su actividad enzimática de la peroxidasa POD sufre una reducción significativa con la aplicación de tratamientos térmicos desde aproximadamente un rango de 65% hasta un 98% de su actividad inicial. Que también es análogo a los estudios realizados de porcentajes de desactivación obtenidos que se encuentran en el intervalo obtenido por otros autores en el de brócoli (1%), espárragos (15%) y zanahoria (10%) luego de un tratamiento térmico a 95°C por un tiempo de 600 segundos (Morales y Chandia, 2002) (Anthon y Barret, 2002). En el coliflor se logró obtener una reducción del 50% de la actividad enzimática tratada a una temperatura 50°C por un tiempo de 180 segundos y aproximadamente del 98% a los 900 segundos (Soysal y

Soylemez, 2005). En las hojas de menta se pudo apreciar una mayor reducción de la actividad enzimática de POD a tiempos cortos y a temperaturas mayores a los 80°C (Rudra y Shicrare, 2008). En el estudio que se realizó a la calabaza su actividad residual de peroxidasa POD disminuye velozmente con tratamientos a temperaturas mayores a 70°C sin embargo a temperaturas menores demora aproximadamente 600 segundos en reducir la actividad enzimática en un 90% (Agüero et al, 2008).

3.3. Identificación de los parámetros cinéticos de inactivación térmica

3.3.1. Determinación de la constante de velocidad de inactivación térmica (k).

La determinación del parámetro k se realizó a través de la ecuación propuesta por Chandia (2000), que en su forma integrada es:

$$AE = AE_0 e^{-kt}$$

Los resultados se muestran en la tabla (14), donde se aprecia los valores de k , los cuales incrementan a medida que aumenta la temperatura de 0.1466 a 0.4230 min^{-1} , asimismo se aprecia que las ecuaciones presentan valores de R^2 mayores a 0.98, el cual es un buen indicativo de un adecuado ajuste de los datos experimentales al modelo propuesto por Chandia (2000). Mendoza y Herrera (2012), muestran un resultado diferente

debido a que muestran una disminución del valor k conforme la temperatura incrementa mostrando una relación inversamente proporcional de la temperatura con la constante de velocidad de inactivación térmica para la papa criolla para el intervalo de temperatura de inactivación de 10 °C a 40 °C con un $K = 54.26 \text{ min}^{-1}$ y $K = 0.325 \text{ min}^{-1}$ respectivamente.

Los parámetros cinéticos como la constante de velocidad de inactivación térmica de la peroxidasa en la mashua “k” presenta relación directa con la temperatura a 60, 70 y 80°C teniendo k 0.1466, 0.2450 y 0.4230 min^{-1} respectivamente, lo cual es análogo a lo reportado por (Sosa. 2003) que a 60, 65,70,75 y 80°C fueron 0.824, 1.371, 1.919, 2.466, y 3.014 min^{-1} respectivamente, El valor de k en el presente estudio guarda una analogía con el reporte de (Soysal y Zerrin, 2005) que indica un k de 0.107 min^{-1} a 65°C para zanahoria, como también para k de 0.158 min^{-1} para el tomate a 65°C reportado por (Ercan y Soysal, 2011), los resultados de la presente investigación son análogos con los resultados de (Ricse y Cueva, 2017) para el caso de la papa Canchan y Perricholi en su tratamiento a 90°C con k igual a 0.93 y 0.92 min^{-1} respectivamente, pero son muy superiores a los k de 70 y 80°C en las dos variedades, esto es debido a que las condiciones de tratamiento y composición de los productos son diferentes.

Tabla 14. Valores del parámetro K y AE_0

T (°C)	AE_0 (U/g)	k (min^{-1})	Modelo ajustado	R^2
60	1.987	0.1466	$AE_{60^\circ C} = 1.9876e^{-0.147t}$	0.9874
70	1.724	0.2450	$AE_{70^\circ C} = 1.724e^{-0.245t}$	0.9974
80	1.337	0.4230	$AE_{80^\circ C} = 0.393e^{-0.423t}$	0.9852

A través de las ecuaciones o modelos matemáticos los valores ajustados de AE presentados en la tabla (14), se muestran en la tabla (15), donde se observa que existe ligera diferencia entre los datos experimentales y calculados a partir del modelo, ya que X^2 (Chi cuadrada) presenta un valor de 0.0159.

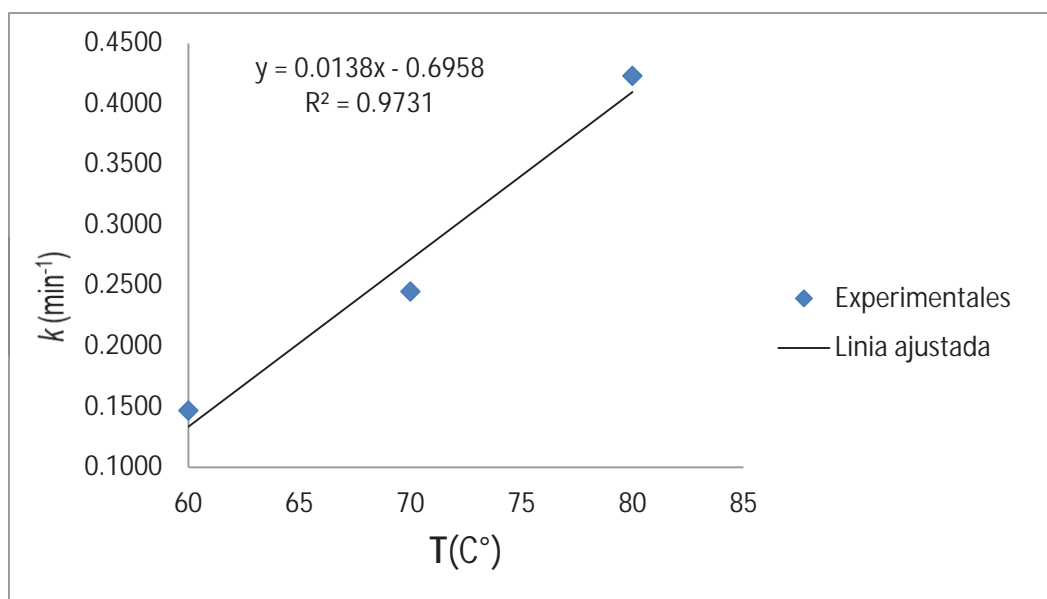
Tabla 15. Actividad de la peroxidasa en la mashua calculada con la ecuación ajustada

Tratamiento	t (min)	T (°C)	AE (U/g) experimental	AE (U/g) ajustado*	Chi Cuadrada** χ^2
T1	1	60	1.750	1.775	
T2	3	60	1.232	1.211	
T3	5	60	0.973	0.969	
T4	1	70	1.369	1.348	
T5	3	70	0.803	0.778	0.0159
T6	5	70	0.514	0.551	
T7	1	80	0.930	0.926	
T8	3	80	0.334	0.371	
T9	5	80	0.171	0.138	

(*)- (**) los cálculos se muestran en el anexo (03)

Por otra parte, para una ecuación lineal la correlación del parámetro k , presenta un coeficiente de correlación R^2 de 0.9731, el cual se muestra en la figura (13).

Figura 13. Correlación de la constante de velocidad de inactivación térmica (K).



3.3.2. Determinación de la energía de activación

La determinación de la energía de activación se realizó mediante la ecuación de Arrhenius:

$$k = k_0 e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

Esta ecuación se linealizó, y se graficó $\ln(k)$ vs $1/T$, para T como la temperatura absoluta, siendo la pendiente $-E_a/R$, y R es la constante universal de los gases ideales ($8.3143 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$). Así el valor de E_a fue de 51.7897 kJ/mol , con un valor de R^2 de 0.9976 . (Los cálculos se muestran en el anexo 04).

La E_a (energía de activación) es un parámetro cinético que tiene la función de relacionar la proporción de las constantes de primer orden (k estable) con las diferentes temperaturas T , cuando el tamaño de estos datos enuncia el grado del que

dependen con respecto a la temperatura de la reacción enzimática de peroxidasa (Fennema, 2000; Ricse y Cueva, 2017). Se tiene una similitud con el trabajo de (Sosa, 2003) en cuanto a la energía de activación E_a fue de 62.33 kJ/mol y en el presente estudio es 51.7897 kJ/mol, esta diferencia se ve influenciada por la naturaleza y composición química de la materia prima (mashua), para el reporte de (Ricse y Cueva, 2017) se tiene una E_a de 1645 kJ/mol y 1249 kJ/mol para las variedades Canchan y Perricholi respectivamente, estos resultados son muy superiores a los resultados del presente estudio, también se debe tomar en cuenta que la susceptibilidad al calor por parte de las isoenzimas de la peroxidasa, dependen de los cultivos, de la fase fisiológica de las muestras, de los productos, de los tratamientos y las circunstancias ambientales en las que fueron cultivadas, cosechadas, procesadas y almacenadas (Morales, Chandia, y Cisneros, 2002; Ricse y Cueva, 2017). Mendoza y Herrera (2012) encontraron valores de E_a para la desactivación de la peroxidasa alrededor de 14.3 a 123.3 kJ/mol para la papa criolla, mientras que Santos *et al.* (2015) encontró valores de 58 a 78 kJ/mol para repollo de Bruselas.

3.3.3. Determinación del tiempo de reducción decimal (D)

El valor D que es el tiempo de reducción decimal se precisa como el tiempo necesario para desactivar, en una temperatura constante, un 90% de la actividad enzimática original de peroxidasa, el valor D se determinó a través de la ecuación:

$$D = \frac{2.303}{k}$$

Así el valor D para las temperaturas de estudio disminuye conforme se incrementa la temperatura de 15.707 min a 5.444 min (anexo 05), Las cuales se muestran en la tabla (16).

El parámetro D de inactivación térmica de la peroxidasa en la mashua, “D” presenta relación inversa con la temperatura a 60, 70 y 80°C teniendo un $D = 15.707$, 9.399 y 5.444 min respectivamente, lo cual es similar a lo reportado por (Sosa. 2003) que a 60, 65, 70, 75 y 80°C fueron 2.79, 1.68, 1.20, 0.93, 0.76 min respectivamente.

Tabla 16. Valores D para la inactivación de la peroxidasa

T (°C)	$K (min^{-1})$	D (min)
60	0.1466	15.707
70	0.2450	9.399
80	0.4230	5.444

3.3.4. Determinación del valor Z

Z es el valor que representa el intervalo de temperatura que se necesita para que la curva de inactivación térmica de peroxidasa atraviese un ciclo logarítmico se determinó con la siguiente ecuación.

$$\log \frac{D_2}{D_1} = -\frac{1}{z} \cdot (T_2 - T_1)$$

El valor del intervalo de temperatura que se necesita para que la curva de inactivación térmica de peroxidasa atraviese un ciclo logarítmico “z”, es decir es la temperatura necesaria para que exista un cambio de 10:1 en *D*, fue de 43.465 °C (anexo 06), mientras que en el trabajo de (Sosa, 2003) que fue de Cinética de la inactivación térmica de peroxidasa (POD) en jugo de babaco (Carica pentagona Heilborn) fue de 36.10°C, esta diferencia se debe a la naturaleza de las materias primas.

3.4. Modelamiento de la inactivación de la peroxidasa

Para obtener un modelo matemático que relacione el tiempo y temperatura sobre la inactivación de la peroxidasa se probó 03 modelos matemáticos, los modelos se pueden observar en la tabla (17) utilizando el software Statgraphics Centurion, y así determinar el modelo que mejor se ajusta se consideró el coeficiente de correlación (R^2), así el modelo cuadrático se ajusta de mejor manera presentando

un valor de R^2 0.9973, cada modelo se graficó a través de una superficie de respuesta, mostrados en las figuras (14), (15) y (16).

El modelo cuadrático indica que la AE se ve influenciada en mayor medida por el tiempo de inactivación, seguida de la temperatura, por otro lado el modelo lineal y de efecto combinado de tiempo - temperatura influye menos que el modelo cuadrático, en los anteriores casos se puede distinguir una igualdad en sus valores R^2 .

Tabla 17. Modelos matemáticos evaluados

Modelo*		R^2
Lineal	AE (U/g)= 4.43508 - 0.042*T - 0.19925*t	0.9720
Con interacción	AE (U/g) = 4.48233 - 0.042675*T - 0.215*t + 0.000225*T*t	0.9721
Cuadrático	AE(U/g) = 4.88304 - 0.046875*T - 0.45725*t + 0.00003*T^2 + 0.000225*T*t + 0.040375*t^2	0.9973

La cinética de inactivación térmica de peroxidasa (POD) en el confitado de mashua (*Tropaeolum tuberosum*), significo interactuar con variables que interviene en dicha cinética como es el caso de la temperatura y tiempo como lo reporta el modelo de (Sosa. 2003) estas variables influyen en la inactivación térmica de la peroxidasa del jugo de babaco, esta influencia fue modelada por la ecuación optimizada: $\text{Log}[\text{POD}] = -2.37 - 0.0076 * T + 2.12 * t - 0.041 * T * t$, ($r^2 = 0.96$) (T temperatura, t tiempo), los parámetros cinéticos para la inactivación térmica de la peroxidasa del jugo de babaco muestra una gran posibilidad de deteriorar las propiedades sensoriales de este fruto, en comparación con el presente estudio el modelo reporta modelo cuadrático indica que la AE se ve

influenciada en mayor medida por el tiempo de inactivación, mientras que la temperatura disminuye la AE en (-0.047), por otro lado el efecto combinado de tiempo- temperatura (0.00003) no influye en gran medida la AE de la peroxidasa en la mashua, teniendo la ecuación optimizada:

$$AE \text{ (U/g)} = 4.88304 - 0.046875*T - 0.45725*t + 0.00003*T^2 + 0.000225*T*t + 0.040375*t^2$$

R-cuadrada = 99.7306%.

Tabla 18. Coeficientes de regresión lineal para la ACTIVIDAD ENZIMATICA

<i>Coeficiente</i>	<i>Estimado</i>
Constante	4.43508
T: TEMPERATURA	-0.042
t: TIEMPO	-0.19925

La ecuación de regresión de tipo lineal que se ajustó a los datos, es:

ACTIVIDAD ENZIMATICA

T=Temperatura (Grados centígrados)

t= tiempo (minutos)

$$AE \text{ (U/g)} = 4.43508 - 0.042*T - 0.19925*t$$

En el cual los valores numéricos de las variables están detallados en sus unidades iniciales.

Figura 14. Diagrama de superficie de respuestas del modelo lineal del tiempo y temperatura en la desactivación de la enzima peroxidasa.

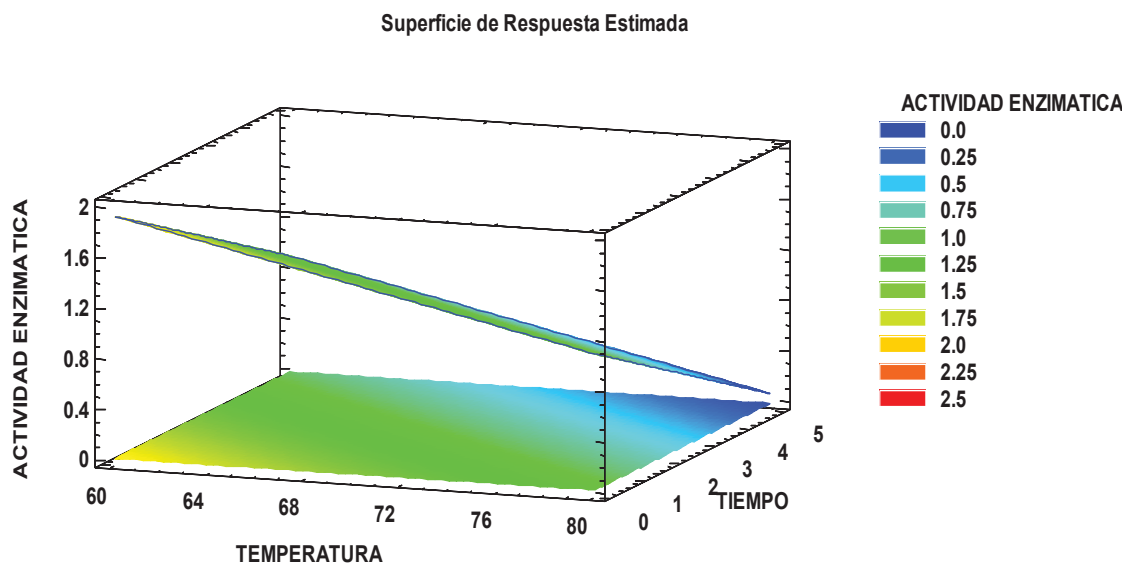


Tabla 19. Coeficiente de regresión con interacción para la ACTIVIDAD ENZIMATICA

Coeficiente	Estimado
Constante	4.48233
T: TEMPERATURA	-0.042675
t: TIEMPO	-0.215
T*t	0.000225

La ecuación de regresión con interacción de temperatura y tiempo que se ha ajustado a los datos, es:

ACTIVIDAD ENZIMATICA

$$AE \text{ (U/g)} = 4.48233 - 0.042675 \cdot T - 0.215 \cdot t + 0.000225 \cdot T \cdot t$$

En el cual los datos de las variables están puntualizados en sus unidades iniciales.

Figura 15. Diagrama del modelo de interacción del tiempo y temperatura en la desactivación de la peroxidasa.

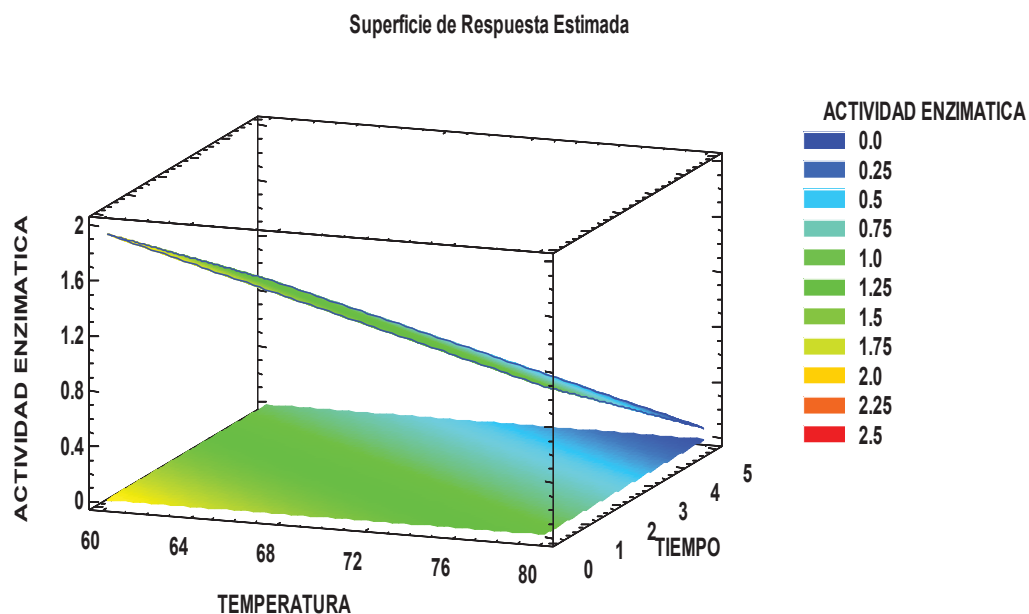


Tabla 20. Coeficientes de regresión cuadrática para la ACTIVIDAD ENZIMATICA

<i>Coeficiente</i>	<i>Estimado</i>
Constante	4.88304
T: TEMPERATURA	-0.046875
t: TIEMPO	-0.45725
T*T	0.00003
T*t	0.000225
t*t	0.040375

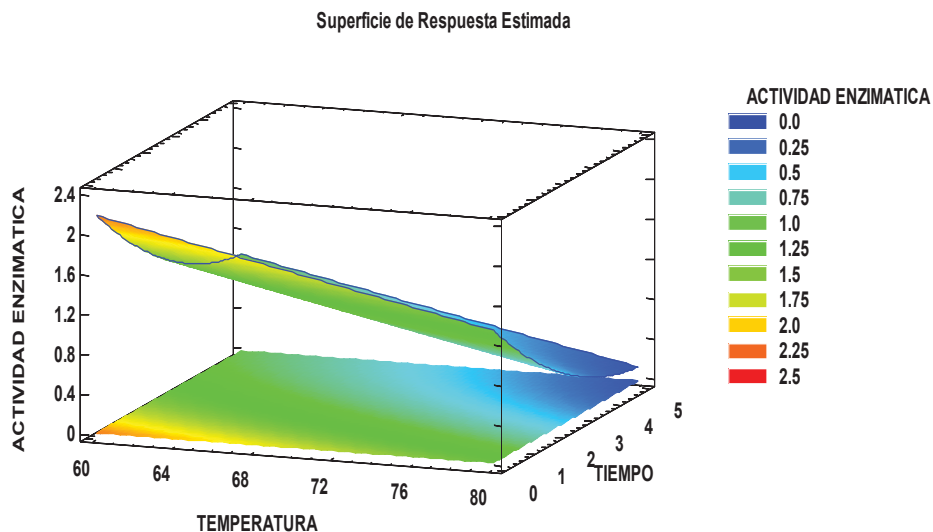
La ecuación de regresión cuadrática que se ajustó a los valores de los datos, es:

ACTIVIDAD ENZIMATICA

$$AE(U/g) = 4.88304 - 0.046875*T - 0.45725*t + 0.00003*T^2 + 0.000225*T*t + 0.040375*t^2$$

En el cual los datos de las variables están definidos en sus unidades iniciales.

Figura 16. Diagrama del modelo cuadrático del tiempo y temperatura en la desactivación de la peroxidasa



➤ **REGRESION CUADRATICA PARA ACTIVIDAD ENZIMATICA**

Tabla 21. Coeficientes de regresión para el modelo de ajuste para ACTIVIDAD ENZIMATICA

<i>Coeficiente</i>	<i>Estimado</i>
Constante	4.88304
A:TEMPERATURA	-0.046875
B:TIEMPO	-0.45725
AA	0.00003
AB	0.000225
BB	0.040375

La ecuación del modelo ajustado de los datos es:

T= Temperatura

t = tiempo

$$AE \text{ (U/g)} = 4.88304 - 0.046875 \cdot T - 0.45725 \cdot t + 0.00003 \cdot T^2 + 0.000225 \cdot T \cdot t + 0.040375 \cdot t^2$$

R-cuadrada = 99.7306%.

Tabla 22. Camino de Máximo Ascenso de la Temperatura, para inactivación de la peroxidasa

Camino de Máximo Ascenso para ACTIVIDAD ENZIMATICA

TEMPERATURA (GRADOS CENTIGRADOS)	TIEMPO (MINUTOS)	Predicción para
		ACTIVIDAD ENZIMATICA (U/g)
70.0	3.0	0.787667
70.5	3.09311	0.748483
71.0	3.18275	0.710673
71.5	3.26906	0.674138
72.0	3.35214	0.638787
72.5	3.43212	0.604537
73.0	3.50909	0.571308
73.5	3.58317	0.539028
74.0	3.65446	0.507628
74.5	3.72305	0.477046
75.0	3.78905	0.447223
75.5	3.85255	0.418105
76.0	3.91363	0.389641
76.5	3.97239	0.361784
77.0	4.0289	0.334491
77.5	4.08325	0.307721
78.0	4.13552	0.281438
78.5	4.18578	0.255606
79.0	4.2341	0.230193
79.5	4.28055	0.205169

80.0

4.3252

0.180507

La tabla 22 muestra el recorrido de máximo ascenso (o descenso). Este es el recorrido, desde el medio de la zona experimental actual, por la cual el resultado mostrado varía más rápidamente con una variación mínima en los factores en estudio. Revela óptimas características para construir experimentos adicionales si el fin es incrementar o decrementar ACTIVIDAD ENZIMÁTICA. En la tabla 22 se ven, 21 datos que se han formado cambiando la TEMPERATURA con adiciones de 0.5 GRADOS CENTIGRADOS, calculándose la ACTIVIDAD ENZIMÁTICA estimada con cada uno de los datos del recorrido, los cuales sirven como antecedentes para comparar los resultados en caso de que se realicen los estudios.

Tabla 23. Camino de Máximo Ascenso del Tiempo, para la inactivación de la peroxidasa

Camino de Máximo Ascenso para ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

<i>TEMPERATURA</i> (GRADOS CENTIGRADOS)	<i>TIEMPO</i> (MINUTOS)	<i>Predicción para</i> <i>ACTIVIDAD ENZIMÁTICA</i> (U/g)
70.0	3.0	0.787667
70.5378	3.1	0.74558
71.0984	3.2	0.703385
71.6839	3.3	0.660998
72.2968	3.4	0.618324
72.9399	3.5	0.575251
73.6162	3.6	0.531652
74.3296	3.7	0.487376

75.0846	3.8	0.442246
75.8863	3.9	0.396051
76.7414	4.0	0.348535
77.6574	4.1	0.299387
78.6443	4.2	0.248221
79.7143	4.3	0.194547
80.8832	4.4	0.137739
82.1719	4.5	0.0769663
83.6091	4.6	0.0110999
85.235	4.7	-0.0614539
87.1095	4.8	-0.143057
89.3275	4.9	-0.237441
92.0535	5.0	-0.351067

La tabla 23 demuestra el recorrido de máximo ascenso (o descenso). El cuál es el recorrido, desde el medio de la parte experimental actual, a través del cual el resultado mostrado cambia más rápidamente variación mínima de las variables experimentales. Muestra óptimos resultados para establecer tentativas de pruebas adicionales en caso de que el fin sea incrementar o decrementar la ACTIVIDAD ENZIMATICA. En esta tabla se encuentran 21 puntos que se han obtenido modificando el TIEMPO en acrecentamientos de 0.1 MINUTOS, calculándose la ACTIVIDAD ENZIMATICA posible con cada uno de los datos del recorrido, con estos datos obtenidos se pueden confrontar los resultados si es que se realizan esos experimentos.

Figura 17. Superficie de respuesta para la inactivación del peroxidasa.

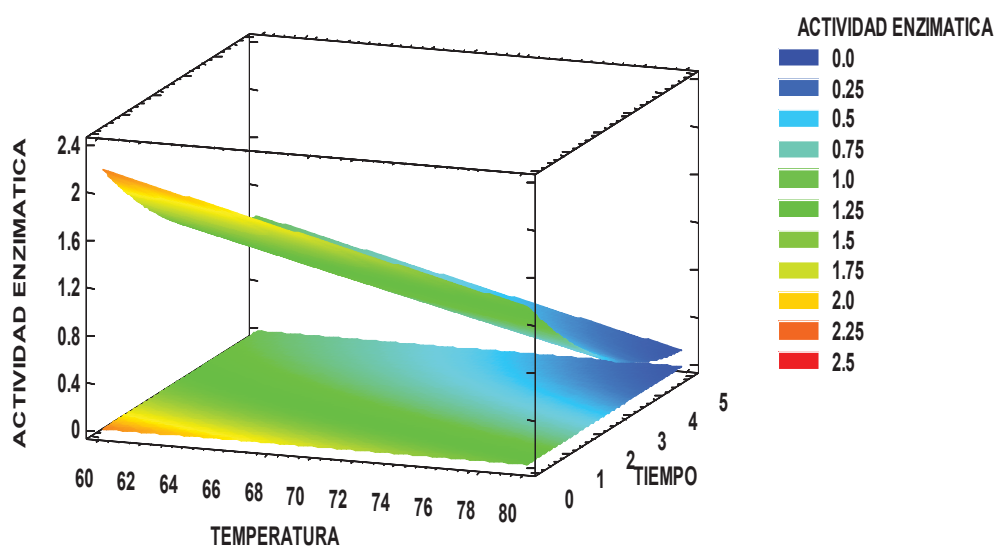
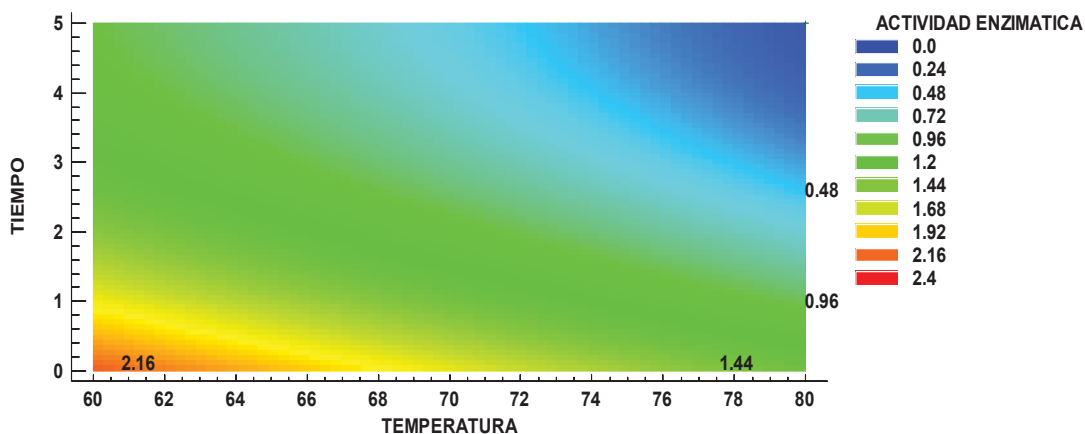


Figura 18. Contorno de la superficie de respuesta para la inactivación del peroxidasa



En la figura 18 se observa el contorno de la superficie de respuestas en un plano, lo cual indica que conforme incrementa la temperatura y el tiempo de escaldado la actividad enzimática de peroxidasa disminuye, los valores más bajos de actividad enzimática se aprecian en los puntos donde la temperatura y el tiempo toman valores más altos los cuales interceptan en el color azul.

CONCLUSIONES

- ❖ El tiempo y temperatura de tratamiento térmico para la cinética de inactivación térmica de la enzima peroxidasa en la elaboración de confitado de mashua, presenta un efecto significativo ($p\text{-value} < 0.05$) sobre la actividad de la peroxidasa, asimismo incrementos de tiempo y temperatura sugieren menores valores de AE, siendo el mínimo valor de actividad de peroxidasa 0.171 U/g a 80°C y 5 min, con una constante de velocidad de inactivación térmica a 80°C de $K_{80} = 0.4230\text{min}^{-1}$, energía de activación $E_a = 51.7897\text{KJ/mol}$, con un tiempo de reducción decimal $D = 5.44\text{min}$ y con intervalo de temperatura necesario para que la curva de inactivación térmica de la peroxidasa atravesase un ciclo logarítmico $Z = 43.4655^\circ\text{C}$.
- ❖ La actividad enzimática de la peroxidasa varía de 1.750 a 0.171U/g en relación a la temperatura y tiempo de tratamiento térmico, a mayores valores de temperatura y tiempo la AE de la peroxidasa disminuye teniendo una relación inversa con el tiempo y temperatura de escaldado, con una actividad residual que fluctúa de 48.842% a 4.773% logrando una inactivación térmica de peroxidasa del 95.227% a 80°C y 5 min en la elaboración de confitado de mashua.
- ❖ Los parámetros cinéticos como la constante de velocidad de inactivación térmica de la peroxidasa en la mashua “ k ” presenta relación directamente proporcional con la temperatura $K_{60} = 0.1466$, $K_{70} = 0.2450$ y $K_{80} = 0.4230$ mientras que la energía de activación E_a fue de 51.7897 kJ/mol, asimismo el valor D , el cual es el tiempo de reducción decimal para la peroxidasa de la mashua decremanta con la temperatura $D_{60} = 15.707\text{min}$, $D_{70} = 9.399\text{min}$ y $D_{80} = 5.444\text{min}$, y el valor del intervalo de temperatura necesario para que la curva de inactivación térmica de peroxidasa atravesase un ciclo logarítmico “ Z ” fue de 43.4655°C.

- ❖ Se probaron 03 modelos matemáticos Lineal, lineal con interacción y cuadrático, resultando que el modelo que mejor ajusta para representar la inactivación de la peroxidasa en la mashua confitada en función a la temperatura y tiempo es el modelo cuadrático cuyo valor R^2 fue 0.9973.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de inactivación térmica de la enzima peroxidasa y otras enzimas que definen un tratamiento térmico adecuado para otros alimentos.
- Estudiar la vida útil del confitado de mashua, para producir a gran escala e industrializar el producto.
- Ampliar la investigación de los parámetros cinéticos de inactivación térmica de la enzima peroxidasa a diferentes tiempos y temperaturas.
- Determinar modelos matemáticos que relacionen la temperatura y el tiempo y otros factores para la inactivación de las diferentes enzimas perjudiciales para la vida útil de los productos en estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

(s.f.).

- Adams, J. (1991). Review: Enzyme inactivation during heat processing of food – stuffs. *International Journal of Food Science and Tecnology* N° 26 (1), 1-20 .
- Aguado, A. J. (1999). *Ingeniería de la Industria Alimentaria, volumen I Conceptos básicos* . Madrid España : Editorial Síntesis S.A.
- Al-Obaidy , H., & Siddiqi, A. (1981). Properties of Broad Bean lipoxigenase. *Journal Food Science*. 46(2), 622-629 p.
- Anthon , G. E., & Barrett, D. M. (2002). Kinetics Parameters for the Thermal Inactivation of Quality Related Enzymes in Carrots and Potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(2), p 4119-4125.
- Aparicio, et al. (1992). Sensory evaluations and changes in peroxidase activity during storage of frozen green beans. *Journal of Food Science.*, 1129-1131.
- Ayala, G. (2004). Aporte de los cultivos andinos a la nutrición. *Raíces Andinas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 109.
- Barrera, et al. (2004). Raíces y tubérculos andinos: alternativas para la conservacion y uso sostenible en el Ecuador. . *INIAP*, 14.
- Barrera, M. (junio 2011 de 2008).
http://www.coexport.com.sv/web/attachments/051_FRUTAS_DESHIDRATADAS_2019.pdf.
- Barret y Theerakulkait. (1995). Quality Indicators in Blanched Frozen, Stored Vegetable. *Food Technology*, 62-65.
- Bonete Maria, et.,. (2016). Estudio de cuatro tuberosos y raíces tuberosas no tradicionales de la sierra centro de Ecuador y su potencial de uso en platos. *UNIBE from the Selected Works of Patricio Yañez*, 41.
- Bonilla , M., Cardozo , F., & Morales , A. (2009). *Agenda prospectiva de investigacion y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la papa en Colombia con énfasis en papa criolla*. Bogotá: Giro Editores.
- Caceda, F. y. (1991). *sistema de Produccion y control de plagas en los cultivos andinos*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Calderon Parra, J. F. (2015). *Evaluación de métodos de inactivación enzimática en la obtención de pulpa de membrillo (cydonia oblonga)*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Cardenas, M. (1989). *Manual de plantas economicas de Bolivia*. La Paz - Cochabamba - Bolivia: Los migos del libro.

- Chandia. (2000). Modelo Bifásico para la determinación de los Parámetros Termocinéticos de la Desactivación de las Enzimas Peroxidasa y Lipoxigenasa en Zanahoria (*Daucus carota*), Brócoli (*brassica oleracea cultivar itálica*) sometidos a diversos tratamientos de escaldado. *Repositorio de la Universidad Austral de Chile*, 98.
- Chandia, C. (2000). *Modelo Bifásico para la determinación de los Parámetros Termocinéticos de la Desactivación de las Enzimas Peroxidasa y Lipoxigenasa en Zanahoria (Daucus carota), Brócoli (brassica oleracea cultivar itálica)*. Chile: Repositorio de la Universidad Austral de Chile.
- Chang, et al. (1984). Characterization of Culiflower Peroxidase Isoenzyme. *Journal Agric. food Chem* 32, 18-21.
- Cheftel J, Cheftel, H y Besancon, P. (1983). Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. *Editorial Acribia.*, Volumen II.
- Cheu y Chen. (1991). Lipoxygenase as Blanching Index for Frozen Vegetable Soybeans. *Journal of Food Science* N° 56 (2), 448-451.
- Dávila Solar, L., & López Ráez, L. (2005). Transferencia de maza en la deshidratación osmótica a vacío de rodajas de Ananas comosus L Merr "piña". *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial- UNMSM*, Vol. (8)1: pp 07-12.
- Diario el Comercio. (25 de Noviembre de 2010). la mashua desinflama la prostata. *El comercio*, pág. 3.
- Donnelly y Robinson. (1990). Control and use of indigenous oxidative. *Food Science and Technology Today*, 159-165.
- Echegaray, J. (1998). *Diferencia patogénica, morfológica y bioquímica entre aislamientos de Rhizopus sp. obtenidos de tubérculos andinos*. Lima: UNALM Lima - Perú.
- Ercan, S. S., & Soysal, C. (2011). *Effect of ultrasound and temperature on tomato peroxidase. Ultrasonics Sonochemistry*. Gaziantep Turkey: Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, University of Gaziantep, Gaziantep, Turkey.
- Espin et al. (2001). Composición Química, Valor nutricional y usos potenciales de siete especies de raíces y tubérculos andinos. *Acta Científica Ecuatoriana*, 49.
- Espinoza et, al. (2002). *Análisis electroforético unidimensional y bidimensional de las proteínas de Tropaeolum Tuberosum (mashua)*. Lima: Centro de investigación de bioquímica y nutrición, laboratorio de química biorgánica. (UNMSM).
- Espinoza, Patricio. (2000). *Raíces y Tubérculos Andino, Cultivo, Aceptabilidad y Procesamiento*, . Quito Ecuador: Abya - Yala 4ta. edición .
- Fennema. (1993). *Química de los alimentos*. España: Acribia S.A.
- Fennema, O. (1980). *Química de los Alimentos* 2da. edición . *Editorial Acribia* . , 417-517.

- Fennema, O. (2000). *Química de los Alimentos*. Zaragoza España: (2da Edición) Editorial Acribia.
- Ganthavorn, et al. (1991). Thermal Inactivation of Asparagus Lipoxygenase. *Journal of Food Science* N° 54 (2), 371-373.
- García, M., Quintero, R., & López, A. (2002). *Biotecnología Alimentaria*. : Editorial Limusa. 636P.
- Geakocoplis, C. J. (1998). *Procesos de Transportes y Operaciones Unitarias*. Minesota: CONTINENTAL, S.A. DE C.V.
- Gómez, D., Rodríguez-Delfiín, A. y Fernández, E. 2000. Análisis de crecimiento en plantas de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) sometidas a condiciones marginales. Anales científicos UNALM vol. XLIII: 283-299.
- Goncalves, E. M., Pinheiro, J., Abreu, M., Brandao, T. R., & Silva, C. L. (2010). Carrot (*Daucus carota* L.) Peroxidase inactivation, phenolic content and physical changes kinetics due to blanching. *Journal of Food Engineering* 97, 574-581.
- Grau, A., Orteaga, D. R., Nieto, C. C., & Hermann, M. (2003). *Mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pav)*. *Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. . Lima: Internacional Potato center, Lima Internacional Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, Italy. pp 42.
- Halpin et al. (1989). Purification and. *Journal of Food Science*, N° 54 (3): 644-649.
- Hemeda y Klein. (1990). Inactivation and Regeneration of Peroxidase Activity in Vegetable Extracts Treated with Antioxidants. *Journal of Food Science*, 67-71.
- Hernández y León. (1992). *Cultivos marginados otra perspectiva de 1492*. Roma : Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.
- Jimenez, E. (1993). Utilización de la Enzima Lipoxigenasa y Peroxidasa como Índice en el Blanqueado de Espárragos verdes (*Asparagus officinalis* L.). *Universidad Nacional Agraria La Molina Lima Perú tesis*.
- Kampis et al. (1984). Changes in peroxidase Activity of Brócoli during Processing and Frozen. *Lebensm – Wiss u – Technology*, 293-295.
- Lescano, J. (1994). *Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos*. . La Paz: Programa internacional de Waru Waru. Proyecto Especial Binacional. Convenio INADE/PELT COTESU.
- Matheis, -g. (1990). La Lipoxigenasa como enzima indicador en el blanqueado de verduras. *Documentación e información Técnica Aromas DRAGOCO*, 52-59.

- Mendoza Rincón, R. (2012). *Evaluación de los procesos de precocción/congelación de tres presentaciones de papa criolla (Solanum tuberosum grupophureja) Variedad Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias .
- Mendoza, R., & Herrera, A. O. (2012). *Cinética de Inactivación de la Enzima Peroxidasa, Color y Textura en Papa Criolla*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Sede Bogotá, Carrera 30 45-03.
- Meza. (1997). *Cultivo de mashua*. Cusco: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, asociación Arariwa. IX Congreso internacional de Cultivos Andinos.
- Meza et,al . (1997). *Cultivo de mashua*. Cusco: Univerisad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Asociación Arariwa. IX Congreso Internacional de Cultivos Andinos.
- Morales Blancas, E., Chandia, V., & Cisneros, L. (2002). Thermal Inactivation Kinetics of Peroxidase and Lipoxygenase from Brócoli, Green Asparagus and Carrots. *Journal of Food Science*, 67(1) 146-154 p.
- Mukherjee, S., & Chattopadhyay, P. K. (2007). Whirling beb blanching of potato cubes and its effects on product quality . *Journal of Food Engineering* 78, 52-60.
- Ndiaye, C., Xu, S. Y., & Zhang, W. (2009). Steam blanching effect on polyphenoloxidase, peroxidase and colour of mango (*Mangifera indica* L.) slices. *Food Chemistry* 113, 92-95.
- Polata, H., Wilinska, A., Bryjak, J., & Polakovic, M. (2009). Thermal inactivation kinetics of vegetable peroxidases. . *Journal of food Engineering* 91, 387-391.
- Rao , M. A., & Anantheswaran , R. C. (1988). Convective heat transfer to fluid in cans. *Advances in Food research*, vol 32.
- Rengifo Ortega, R. (2014). *Influencia del tratamiento térmico en la calidad de la pulpa de Cocona (Solanum sessiliflorum D.) congelada*. Tigo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Rudra-Shalini , G., Shivhare, U. S., & Basu, S. (2008). Thermal inactivation kinetics of peroxidase in mint leaves. *Journal of Food Engineering*, 85819, p 147-153.
- Saraiva et al. (1996). Analysis of the patterns of horseradish peroxidase thermal inactivation in sodium phosphate buffer solutions of different ionic strength. *International Journal of Food Science and Technology* N° 31 (3), 223-231.
- Schmidt Hebbel y Pennacchiotti. (1982). Las enzimas en los alimentos. *Editado por Fundación Chile. Santiago. Chile.*, 93.
- Sigma. (1998). Biochemicals ans Reagents for life Science rearch. *life science rearch USA*, 614 y 759.

- Soysal, C., & Soylemez, Z. (2005). Kinetics and inactivation of carrot peroxidase by heat treatment. *Journal of Food Engineering*, 68, 349-356.
- Tapia & Fries. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. Lima - Perú - Roma Italia: FAO y AMPE .
- Terrazas & Valdivia . (1998). Spatial dynamics of in situ conservation: handling the genetic diversity of Andean Tuber in mosaic systems. *Plan Genetic Resources newsletter*, 114: 9-15.
- Toledo, R. (1991). *Fundamentals of Food Process Engineering*. New York USA: 2da Edición Van Nostrand Reinhold.
- Venegas, C. (1994). Evaluación del comportamiento de dos cultivares de arvejas chinas (*Pisum sativum* L.) al proceso de escaldado y congelado. *Universidad Austral de Chile - Tesis para optar al título de Licenciado en Ingeniería en Alimentos*.
- Wang y Luh. (1983). Characterization of Soluble and Bound Peroxidase in Green Asparagus. *Journal of Food Science*, Vol. 48: 1412 - 1421.
- Weng, et al. (1991). Immobilized Peroxidase: Apotencial Bioindicador for Evaluation of thermal Processes Immobilized. *Journal of Food Science*, 567 - 570.
- Weng, Z., Hendrickx, M., Maesmans , G., & Tobback, P. (1991). Immobilized Peroxidase: Apotentialbioindicador for evaluation of thermal processes. *Journal of Food Science*, 56(2), 567-570.
- Williams, et al. (1986). Blanching of Vegetables for Freezing Which Indicator Enzyme to Choose. *Food Technology*, 130-139.
- Williams et al. (1986). Blanching of Vegetables for freezing Which indictor enzyme to choose. *Food Technology* 40, 69:130-139.

ANEXOS

Anexo 1. Valores de la absorbancia para la determinación de AE

Sin tratamiento			despues de 20 min			concentración			0,25	Actividad enzimática (U/g)				
R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3		R1	R2	R3	PROMEDIO	Desv
0,129	0,119	0,121	0,0065	0,0060	0,0061	0,1251	0,0961	0,1013		4,1687	3,2042	3,3773	3,5834	0,5142

t (min)	Absorvancia a 60°C			despues de 20 min			concentración			0,25	Actividad enzimática (U/g)				
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3		R1	R2	R3	PROMEDIO	Desv
1	0,095	0,097	0,096	0,0048	0,0049	0,0048	0,0511	0,0539	0,0525	1,7038	1,7959	1,7493	1,750	0,0460	1,7165
3	0,081	0,084	0,083	0,0041	0,0042	0,0042	0,0354	0,0383	0,0373	1,1787	1,2756	1,2424	1,232	0,0492	1,2803
5	0,076	0,071	0,074	0,0038	0,0036	0,0037	0,0310	0,0272	0,0294	1,0334	0,9060	0,9804	0,973	0,0640	0,9549

t (min)	Absorvancia a 70°C			despues de 20 min			concentración			0,25	Actividad enzimática (U/g)				
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3		R1	R2	R3	PROMEDIO	Desv
1	0,087	0,085	0,088	0,00435	0,00425	0,0044	0,0414	0,0393	0,0425	1,3804	1,3096	1,4172	1,369	0,0547	1,3494
3	0,069	0,067	0,063	0,00345	0,00335	0,00315	0,0258	0,0245	0,0220	0,8596	0,8155	0,7340	0,803	0,0637	0,8266
5	0,053	0,049	0,046	0,00265	0,00245	0,0023	0,0169	0,0152	0,0141	0,5642	0,5078	0,4693	0,514	0,0477	0,5064

t (min)	Absorvancia a 80°C			despues de 20 min			concentración			0,25	Actividad enzimática (U/g)				
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3		R1	R2	R3	PROMEDIO	Desv
1	0,073	0,072	0,071	0,00365	0,0036	0,00355	0,0286	0,0279	0,0272	0,9550	0,9302	0,9060	0,930	0,0245	0,8762
3	0,034	0,034	0,031	0,0017	0,0017	0,00155	0,0103	0,0103	0,0095	0,3422	0,3422	0,3162	0,334	0,0150	0,3760
5	0,009	0,009	0,005	0,00045	0,00045	0,00025	0,0053	0,0053	0,0048	0,1772	0,1772	0,1595	0,171	0,0102	0,1614

Anexo 2. Cálculos para determinación de las curvas ajustadas para AE

A 60°C

Resumen

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,993691417
Coeficiente de determinación R ²	0,987422633
R ² ajustado	0,974845266
Error típico	0,04680504
Observaciones	3

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	0,171988171	0,171988171	78,50789688	0,071546698
Residuos	1	0,002190712	0,002190712		
Total	2	0,174178883			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	0,686935967	0,056522455	12,1533285	0,052264602	-0,031249922	1,405121856	-0,031249922	1,405121856
T	-0,146623741	0,01654808	-8,860468209	0,071546698	-0,356887039	0,063639558	-0,356887039	0,063639558

A 70°C

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,998694168
Coeficiente de determinación R ²	0,997390042
R ² ajustado	0,994780084
Error típico	0,035453179
Observaciones	3

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	0,480332399	0,480332399	382,1479241	0,032537635
Residuos	1	0,001256928	0,001256928		
Total	2	0,481589327			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	0,54467182	0,042813782	12,72188065	0,049938643	0,000671145	1,088672495	0,000671145	1,088672495
T	-0,245033773	0,012534592	-19,54860415	0,032537635	-0,404300863	-0,085766683	-0,404300863	-0,085766683

A 80°C

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,99255073
Coefficiente de determinación R ²	0,985156952
R ² ajustado	0,970313904
Error típico	0,146856575
Observaciones	3

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	1,431426755	1,431426755	66,37160798	0,077753856
Residuos	1	0,021566854	0,021566854		
Total	2	1,452993608			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	0,290886635	0,177346163	1,640219501	0,348551076	-1,962510022	2,544283292	-1,962510022	2,544283292
T	-0,422999225	0,05192164	-8,146877192	0,077753856	-1,082726214	0,236727764	-1,082726214	0,236727764

Anexo 3. Prueba de ajuste de bondad

Mediante una prueba de χ^2 se determinó el ajuste de los datos experimentales al modelo teórico en los experimentos de inactivación de peroxidasa; con ν grados de libertad y un nivel de significancia de 5%, aplicando la siguiente prueba de hipótesis:

H_0 : el modelo reporta un buen ajuste

H_1 : el modelo no reporta un buen ajuste

La medida estadística de prueba para la hipótesis nula es:

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde:

O_i : valor o dato observado en la muestra

E_i : valor o dato observado a partir del modelo

Cuando los valores de χ^2 tienden a cero, se consideran óptimos.

$$AE \text{ (U/g)}^* = 4.88304 - 0.046875 * T - 0.45725 * t + 0.00003 * T^2 + 0.000225 * T * t + 0.040375 * t^2$$

			AE	AE	Xi - cuadrada
N ^a	Temperatura	tiempo	(U/g)	(U/g)*	((AE-AE*) ² /AE*)
1	60	1	1.750	1.775	0.000356743
2	60	3	1.232	1.211	0.000375977
3	60	5	0.973	0.969	1.51752E-05
4	70	1	1.369	1.348	0.000337756
5	70	3	0.803	0.788	0.000298556
6	70	5	0.514	0.551	0.002441271
7	80	1	0.930	0.926	1.58797E-05
8	80	3	0.334	0.371	0.003626785
9	80	5	0.171	0.138	0.007803259
				Xi-cuadrada	0.015971401

Anexo 4. Cálculos para la determinación de E_a

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,999404819
Coefficiente de determinación R^2	0,998809991
R^2 ajustado	0,997619983
Error típico	0,025848132
Observaciones	3

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	0,560778142	0,560778142	839,3300101	0,021965513
Residuos	1	0,000668126	0,000668126		
Total	2	0,561446268			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	16,76714484	0,627099939	26,737596	0,023798818	8,799084615	24,73520506	8,799084615	24,73520506
1/T	-6228,996794	215,0065703	-28,97119276	0,021965513	-8960,914296	-3497,079292	-8960,914296	-3497,079292

Anexo 5. Correlación para el valor D

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	1
Coefficiente de determinación R ²	1
R ² ajustado	65535
Error típico	0
Observaciones	3

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	53,58207039	26,79103519		
Residuos	0	0	65535		
Total	2	53,58207039			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	66,68825991	0	65535		66,68825991	66,68825991	66,68825991	66,68825991
T (°C)	-0,9219958	0	65535		-0,9219958	-0,9219958	-0,9219958	-0,9219958
K	29,58837212	0	65535		29,58837212	29,58837212	29,58837212	29,58837212

Anexo 6. Cálculos para la determinación del valor Z

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,999843714
Coefficiente de determinación R ²	0,999687453
R ² ajustado	0,999374906
Error típico	0,005753024
Observaciones	3

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	0,105862236	0,105862236	3198,517411	0,011255389
Residuos	1	3,30973E-05	3,30973E-05		
Total	2	0,105895333			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	1,428505942	0,008787889	162,5539349	0,003916311	1,316845225	1,540166659	1,316845225	1,540166659
(T-T0)	-0,023006764	0,0004068	-56,55543662	0,011255389	-0,028175651	-0,017837877	-0,028175651	-0,017837877

Anexo 7. Fotos del proceso de la investigación

Foto 01: Mashua trozada



Foto 02: Preparado del jarabe



Foto 03: Medición de la temperatura del tratamiento térmico



Foto 04: Medición de los grados Brix°



Foto 05: Adición de mashua trozado al jarabe



Foto 06: Los 09 tratamientos



Foto 07: Espectrofotómetro



Foto 08: Cubeta de cuarzo de 5ml de capacidad



Foto 09: Preparación del sustrato



Foto 10: Lectura de absorbancia



Anexo 8. Análisis Físicoquímico



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANÁLISIS QUÍMICO
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0612-15-IAQ

SOLICITANTE: HUGO TITO ARCNACA
 RUTH DINA TURPO CCAMA

MUESTRA : CONFITADO DE MASHUA

TRATAMIENTO: T9

TIEMPO : 5 Minutos

FECHA : C/21/09/2015

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

Humedad %	76.19	NTP 206.011
Proteína %	1.72	AOAC 935.39C
Grasa %	0.66	NTP 206.017
Ceniza %	0.75	AOAC 935.39B
Fibra %	0.94	FAO 14/7
Carbohidratos %	20.68	Diferencia

Cusco, 24 de Setiembre 2015



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestaciones de Servicio Químico

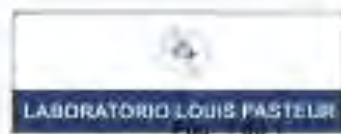
Melquisedech Ibarra Arietta
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO
 DE ANÁLISIS QUÍMICO

Anexo 9. Análisis Microbiológico

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Av. Tulumayo 768
Cusco - Perú
Telefax: 084 234727
Celular: 975 713 500
RPC: 974 787 151
RPM: # 713 522
laboratoriolouispasteur@yahoo.es
www.labiouispasteur.com

INFORME DE ENSAYO
LLP-2636-2015
SO-0865-2015



Solicitante: Ruth Dina Turpo Ccama/ Hugo Tito Aronaca

Dirección Legal: Sicuani

Nombre del Producto: Confitado de Mashed

Matriz microbiológica: Alimento preparado

Fecha de Toma de Muestra: 2015/09/21

Fecha de Ingreso de Muestra: 2015/09/21

Fecha de Ensayo: 2015/09/21

Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2015/09/26

Datos proporcionados por el solicitante:

Procedencia de la Muestra: Facultad de Ingeniería Agroindustrial Sede Sicuani.

Toma de muestra realizada por: Ruth Dina Turpo Ccama/ Hugo Tito Aronaca

Cantidad y descripción de la Muestra: 01 frasco de vidrio de primer uso.

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo(s)	Unidad	Límite de Detección	Resultado(s)
Numeraación de Escherichia coli recuento en placa estimado	ufc/g	<10	<10
Numeraación de Mohos recuento en placa estimado	ufc/g	<10	<10

Métodos de Referencias:

Numeraación de Coliformos y E. coli

AOAC Official Method 991.14 - 19TH Ed. Chapter 17 Subchapter 3 -17.3.04 (2012)

Numeraación de Mohos y Levaduras

AOAC Official Method 997.02 - 19TH Ed. Chapter 17 Subchapter 3 -17.3.09 (2012)

Ruth Dina Turpo Ccama
Ruth Dina Turpo Ccama
COORDINADORA DE SERVICIOS
DIRECTORA TÉCNICA



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados sólo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.