



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**INHIBICIÓN DEL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO EN TRES
VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum*) MEDIANTE EL
ESCALDADO CON ÁCIDO LÁCTICO Y CLORURO DE CALCIO**

TESIS

PRESENTADA POR:

JUANA MARISOL CHAPARRO MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PUNO - PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

INHIBICIÓN DEL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO EN TRES VARIETADES DE PAPA (*Solanum tuberosum*) MEDIANTE EL

AUTOR

Juana Marisol Chaparro Mamani

RECuento DE PALABRAS

31639 Words

RECuento DE CARACTERES

145001 Characters

RECuento DE PÁGINAS

147 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.3MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 29, 2024 9:43 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 29, 2024 9:45 AM GMT-5

● **10% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)


Ing. MSc. Néstor R. Ramos Pineda
DOCENTE PIQ - UNA - PUNO
CIP. 61589




D. Sc. Germán Quille Colzaya
DIRECTOR DE FUNDACIÓN DE INVESTIGACIÓN
F/OUNA - PUNO



DEDICATORIA

Dedico la presente tesis en primer lugar a Dios por siempre estar en mi vida, ser mi guía y sostenerme.

A mi papá Juan que desde cielo me guía hacia adelante con mis proyectos, a mi mamá por su apoyo y compañía.

A mis hermanos William y Evelyn por estar presentes para mí y brindarme su apoyo.

A mi hijo Juan Adael por ser mi mayor fuente de inspiración y la razón de querer ser mejor cada día.

Juana Marisol Chaparro Mamani



AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, por darme vida y fortaleza para seguir adelante.

A mi familia por su comprensión, apoyo constante a lo largo de mis estudios.

A mi Asesora la M. Sc. Janette Rosario Ramos Pineda, por el apoyo constante durante la ejecución de mi proyecto de investigación.

Al Ing. Rolando Rody Jara Huaranca por el apoyo brindado en la ejecución de la tesis gracias.

A los Docentes de la Facultad de Ingeniería Química por los valores y enseñanzas brindadas durante a lo largo de la formación académica.

A mi amiga Kelly por su apoyo y sugerencias.

A todas las personas que de una u otra forma me apoyaron durante la ejecución de este trabajo.

Juana Marisol Chaparro Mamani



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	19
ABSTRACT.....	20
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	23
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES	24
2.1.1. A nivel internacional	24
2.1.2. A nivel nacional	26
2.2. MARCO TEÓRICO.....	28
2.2.1. La papa	28
2.2.1.1. Morfología	28
2.2.1.2. Taxonomía	30



2.2.1.3. Valor nutritivo.....	31
2.2.1.4. Variedades de papa Yana Imilla, Ccompis y Peruanita	31
2.2.2. Enzimas	33
2.2.3. Pardeamiento enzimático	35
2.2.3.1. Sustratos del pardeamiento enzimático.....	36
2.2.3.2. Mecanismo general de reacción.....	39
2.2.4. Control del pardeamiento enzimático	42
2.2.4.1. Inactivación por calor.....	43
2.2.4.2. Inactivación por congelamiento	43
2.2.4.3. Método de choque térmico.....	43
2.2.4.4. Procesado a alta presión	44
2.2.4.5. Tratamiento químico	44
2.2.5. Compuestos fenólicos en la papa	46
2.2.6. Cinética de reacción de pardeamiento enzimático	47
2.2.6.1. Linealización de la ecuación de Michaelis-Menten	53

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO	55
3.2. TIPO DE ESTUDIO.....	55
3.3. EVALUACIÓN DE LA CINÉTICA DE PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO	55
3.3.1. Materiales, equipos y reactivos	55
3.3.2. Materia prima	56
3.3.3. Procedimiento experimental.....	56
3.3.3.1. Preparación de soluciones catecol.....	56



3.3.3.2. Preparación de la muestra	57
3.3.3.3. Extracción de la polifenoloxidasa	57
3.3.3.4. Medida de la actividad de la polifenoloxidasa.....	57
3.3.3.5. Cálculo de la velocidad inicial (v)	58
3.3.3.6. Cálculo de la velocidad máxima de reacción enzimática ($V_{m\acute{a}x}$) y constante de Michaelis-Menten (K_m).....	59
3.4. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS VARIABLES DE ESCALDADO SOBRE LA ACTIVIDAD DE LA ENZIMA POLIFENOLOXIDASA	59
3.4.1. Materiales, equipos y reactivos	59
3.4.2. Procedimiento experimental.....	60
3.4.2.1. Acondicionamiento de la muestra de papa	60
3.4.2.2. Escaldado	60
3.4.2.3. Enfriado.....	64
3.4.2.4. Almacenamiento	64
3.4.2.5. Obtención del extracto enzimático.....	65
3.4.2.6. Medición de la actividad enzimática.....	65
3.5. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE INHIBICIÓN ENZIMÁTICA DE LA ENZIMA POLIFENOLOXIDASA	66
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. CINÉTICA DE PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO EN LAS VARIEDADES DE PAPA.....	67
4.1.1. Actividad de la polifenoloxidasa (PFO).....	67
4.1.2. Velocidad inicial (v), velocidad máxima de reacción enzimática ($V_{m\acute{a}x}$) y constante de Michaelis-Menten (K_m)	69



4.2. EFECTO DE LAS VARIABLES de ESCALDADO SOBRE LA	
ACTIVIDAD DE LA ENZIMA POLIFENOLOXIDASA (PFO).....	74
4.2.1. Efecto de la temperatura sobre la actividad de la PFO	75
4.2.2. Efecto del tiempo sobre la actividad de la PFO	77
4.2.3. Efecto de la concentración de ácido láctico sobre la actividad de la PFO	
.....	79
4.2.4. Efecto de la concentración de cloruro de calcio sobre la actividad de la	
PFO	81
4.3. INHIBICIÓN DE LA ENZIMA POLIFENOLOXIDASA (PFO) EN LOS	
TRATAMIENTOS POR ESCALDADO.....	83
4.3.1. Inhibición de la PFO a diferentes temperaturas	83
4.3.2. Inhibición de la PFO a diferentes tiempos	85
4.3.3. Inhibición de la PFO a diferentes concentraciones de ácido láctico	87
4.3.4. Inhibición de la PFO a diferentes concentraciones de cloruro de calcio	89
V. CONCLUSIONES.....	92
VI. RECOMENDACIONES	94
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
ANEXOS.....	103

AREA: Alimentos

TEMA: Inhibición del pardeamiento enzimático en tres variedades de papa (*solanum tuberosum*) mediante el escaldado con ácido láctico y cloruro de calcio

FECHA DE SUSTENTACION: 30 DE ENERO DEL 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Valor nutricional de la papa fresca.....	31
Tabla 2 Sustratos importantes de polifenoloxidasa en los alimentos.....	37
Tabla 3 Condiciones experimentales para la evaluación de la temperatura.....	61
Tabla 4 Condiciones experimentales para la evaluación del tiempo.....	62
Tabla 5 Condiciones experimentales para la evaluación de la concentración de ácido láctico.....	62
Tabla 6 Condiciones experimentales para la evaluación de la concentración de cloruro de calcio.....	63
Tabla 7 Velocidades iniciales (v) a distintas concentraciones de sustrato.....	70
Tabla 8 Parámetros de la ecuación de Lineweaver-Burk para las variedades de papa.....	71
Tabla 9 Parámetros cinéticos de la enzima polifenoloxidasa del extracto crudo obtenidos a partir de las variedades de papa.....	72
Tabla 10 Actividades de la PFO en las variedades de papa a distintas temperaturas. ..	75
Tabla 11 Actividades de la PFO en las variedades de papa a distintos tiempos.....	77
Tabla 12 Actividades de la PFO en las variedades de papa a distintas concentraciones de ácido láctico.....	79
Tabla 13 Actividades de la PFO en las variedades de papa a distintas concentraciones de cloruro de calcio.....	81
Tabla 14 Porcentajes de inhibición de la enzima PFO a distintas temperaturas para las variedades de papa.....	83



Tabla 15 Porcentajes de inhibición de la enzima PFO a distintos tiempos para las variedades de papa.	86
Tabla 16 Porcentajes de inhibición de la enzima PFO a distintas concentraciones de ácido láctico para las variedades de papa.	88
Tabla 17 Porcentajes de inhibición de la enzima PFO a distintas concentraciones de cloruro de calcio para las variedades de papa.	90
Tabla 18 Medidas de absorbancia para la variedad de la papa Yana Imilla.	105
Tabla 19 Medidas de absorbancia para la variedad de la papa Ccompis.	106
Tabla 20 Medidas de absorbancia para la variedad de la papa Peruanita.	107
Tabla 21 Pendientes de la porción lineal de la curva de absorbancia vs tiempo para la variedad de papa Yana Imilla.	108
Tabla 22 Pendientes de la porción lineal de la curva de absorbancia vs tiempo para la variedad de papa Ccompis.	109
Tabla 23 Pendientes de la porción lineal de la curva de absorbancia vs tiempo para la variedad de papa Peruanita.	110
Tabla 24 Absorbancias en función del tiempo para la papa Yana Imilla a distintas temperaturas.	111
Tabla 25 Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Yana Imilla a distintas temperaturas.	112
Tabla 26 Absorbancias en función del tiempo para la papa Yana Imilla a distintos tiempos de escaldado.	113
Tabla 27 Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Yana Imilla a distintos tiempos de escaldado.	114
Tabla 28 Absorbancias en función del tiempo para la papa Yana Imilla a distintas concentraciones de ácido láctico.	115



Tabla 29 Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Yana Imilla a distintas concentraciones de ácido láctico.	116
Tabla 30 Absorbancias en función del tiempo para la papa Yana Imilla a distintas concentraciones de cloruro de calcio.	117
Tabla 31 Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Yana Imilla a distintas concentraciones de cloruro de calcio.	118
Tabla 32 Absorbancias en función del tiempo para la papa Ccompis a distintas temperaturas.	119
Tabla 33 Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Ccompis a distintas temperaturas.	120
Tabla 34 Absorbancias en función del tiempo para la papa Ccompis a distintos tiempos de escaldado	121
Tabla 35 Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Ccompis a distintos tiempos de escaldado.	122
Tabla 36 Absorbancias en función del tiempo para la papa Ccompis a distintas concentraciones de ácido láctico.	123
Tabla 37 Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Ccompis a distintas concentraciones de ácido láctico.	124
Tabla 38 Absorbancias en función del tiempo para la papa Ccompis a distintas concentraciones de cloruro de calcio.	125
Tabla 39 Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Ccompis a distintas concentraciones de cloruro de calcio.	127
Tabla 40 Absorbancias en función del tiempo para la papa Peruanita a distintas temperaturas.	127



Tabla 41 Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Peruanita a distintas temperaturas.	129
Tabla 42 Absorbancias en función del tiempo para la papa Peruanita a distintos tiempos de escaldado.	129
Tabla 43 Pendientes de la curva de absorbancia vs para la papa Peruanita a distintos tiempos de escaldado.	131
Tabla 44 Absorbancias en función del tiempo para la papa Peruanita a distintas concentraciones de ácido láctico.	131
Tabla 45 Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Peruanita a distintas concentraciones de ácido láctico.	133
Tabla 46 Absorbancias en función del tiempo para la papa Peruanita a distintas concentraciones de cloruro de calcio.	133
Tabla 47 Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Peruanita a distintas concentraciones de cloruro de calcio.	135



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Morfología de la papa.	30
Figura 2 Variedad de papa.....	32
Figura 3 Energía de activación de las reacciones enzimáticas.	34
Figura 4 Mecanismo de las reacciones enzimáticas.	34
Figura 5 Pardeamiento enzimático de la pera.	35
Figura 6 Estructuras de la polifenoloxidas de (a) uvas y (b) hongos.	36
Figura 7 Principales sustratos del pardeamiento enzimático.....	38
Figura 8 Estructura del catecol.	39
Figura 9 Formación de pigmento marrón (melanina) a partir de compuestos fenólicos.	41
Figura 10 Hidroxilación de las quinonas.....	41
Figura 11 Formación de hidroxiquinonas.	42
Figura 12 Estructura general de las melaninas.	42
Figura 13 Conversión de la tirosina de las papas en polímeros melaninas.	46
Figura 14 Efecto de la concentración del sustrato sobre la velocidad inicial (V_i) de una reacción catalizada por una enzima.	47
Figura 15 Representación de la variación de las concentraciones de sustrato [S], enzima total $[E]_T$, enzima libre [E], enzima unida al sustrato [ES] y del producto [P] en el transcurso de una reacción enzimática.	50
Figura 16 Representación gráfica de la ecuación de Lineweaver-Burk.	54
Figura 17 Variación de la absorbancia con el tiempo.	58
Figura 18 Diagrama de flujo del tratamiento por escaldado para las variedades de papa.	64



Figura 19	Variación de absorbancia con el tiempo para la variedad de papa Yana Imilla a distintas concentraciones de catecol.....	67
Figura 20	Variación de absorbancia con el tiempo para la variedad de Ccompis a distintas concentraciones de catecol.	68
Figura 21	Variación de la absorbancia con el tiempo para la variedad de papa Peruanita a distintas concentraciones de catecol.....	68
Figura 22	Reacción del catecol con el oxígeno catalizada por la polifenoloxidasas.	69
Figura 23	Cinética de Michaelis-Menten para las variedades de papa: (a) Yana Imilla, (b) Ccompis y (c) Peruanita.	70
Figura 24	Gráfica de la ecuación de Lineweaver-Burk para las variedades de papa: (a) Yana Imilla, (b) Ccompis y (c) Peruanita.	71
Figura 25	Reacción de oxidación del catecol catalizada por la enzima PFO.....	75
Figura 26	Reducción de la actividad de la enzima PFO a distintas temperaturas para las variedades de papa.	76
Figura 27	Reducción de la actividad de la enzima PFO a distintos tiempos para las variedades de papa.	78
Figura 28	Reducción de la actividad de la enzima PFO a distintas concentraciones de ácido láctico para las variedades de papa.	80
Figura 29	Reducción de la actividad de la enzima PFO a distintas concentraciones de cloruro de calcio para las variedades de papa.	82
Figura 30	Efecto de la temperatura en la inhibición de la enzima PFO para las variedades de papa.	84
Figura 31	Efecto del tiempo en la inhibición de la enzima PFO para las variedades de papa.	86



Figura 32	Efecto de la concentración de ácido láctico en la inhibición de la enzima PFO para las variedades de papa.....	89
Figura 33	Efecto de la concentración de cloruro de calcio en la inhibición de la enzima PFO para las variedades de papa.	90
Figura 34	Curvas de absorbancia vs tiempo a distintas concentraciones de catecol para la variedad de papa Yana Imilla.....	108
Figura 35	Curvas de absorbancia vs tiempo a distintas concentraciones de catecol para la variedad de papa Ccompis.	109
Figura 36	Curvas de absorbancia vs tiempo a distintas concentraciones de catecol para la variedad de papa Peruanita.	110
Figura 37	Curvas de absorbancia vs tiempo para la papa Yana Imilla a distintas temperaturas.....	112
Figura 38	Curvas de absorbancia vs tiempo del escaldado de la papa Yana Imilla a distintos tiempos de escaldado.....	114
Figura 39	Curvas de absorbancia vs tiempo del escaldado de la papa Yana Imilla a distintas concentraciones de ácido láctico.	116
Figura 40	Curvas de absorbancia vs tiempo para la papa Yana Imilla a distintas concentraciones de cloruro de calcio.	118
Figura 41	Curvas de absorbancia vs tiempo para la papa Ccompis a distintas temperaturas.....	120
Figura 42	Curvas de absorbancia vs tiempo para la papa Ccompis a distintos tiempos de escaldado.....	122
Figura 43	Curvas de absorbancia vs tiempo para la papa Ccompis a distintas concentraciones de ácido láctico.....	124



Figura 44 Curvas de absorbancia vs tiempo para la papa Ccompis a distintas concentraciones de cloruro de calcio.	126
Figura 45 Curvas de absorbancia vs tiempo para la papa Peruanita a distintas temperaturas.	128
Figura 46 Curvas de absorbancia vs tiempo del escaldado de la papa Peruanita a distintos tiempos.	130
Figura 47 Curvas de absorbancia vs tiempo para la papa Peruanita a distintas concentraciones de ácido láctico.	132
Figura 48 Curvas de absorbancia vs tiempo para la papa Peruanita a distintas concentraciones de cloruro de calcio.	134



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Preparación de soluciones	104
ANEXO 2 Datos de medida de absorbancia en función tiempo para las variedades de papa.....	105
ANEXO 3 Curvas de absorbancia vs tiempo y pendientes para la determinación de la cinética enzimática en la variedad de papa Yana Imilla.....	108
ANEXO 4 Curvas de absorbancia vs tiempo y pendientes para la determinación de la cinética enzimática en la variedad de papa Ccompis.....	109
ANEXO 5 Curvas de absorbancia vs tiempo y pendientes para la determinación de la cinética enzimática en la variedad de papa Peruanita.....	110
ANEXO 6 Datos para la determinación de la actividad enzimática en la variedad de papa Yana Imilla.....	111
ANEXO 7 Datos para la determinación de la actividad enzimática en la variedad de papa Ccompis	119
ANEXO 8 Datos para la determinación de la actividad enzimática en la variedad de papa Peruanita.....	127
ANEXO 9 Panel de imágenes	135



ACRÓNIMOS

POD:	Peroxidasa
PFO:	Polifenoloxidasas
$V_{m\acute{a}x}$:	Velocidad máxima
K_m :	Constante de Michaelis-Menten
S:	Sustrato
E:	Enzima
μmol :	micromol
ES:	Complejo enzima-sustrato
P:	Producto
ϵ :	Coficiente de extinción molar
b:	Longitud de la trayectoria de luz
v:	Velocidad inicial
U:	Unidad de actividad enzimática
UV/Vis:	Ultra violeta/Visible
A_0 :	Actividad del extracto crudo
A:	Actividad después del tratamiento
M:	Molar
mM:	Milimolar
cm:	Centímetro
mL:	Mililitro
L:	Litro



RESUMEN

Se evaluaron la inhibición del pardeamiento enzimático en tres variedades de papa (Yana Imilla, Ccompis y Peruanita) mediante el escaldado con soluciones de ácido láctico y cloruro de calcio con el objetivo de evaluar la cinética de pardeamiento enzimático, el efecto de las variables del proceso de escaldado y determinación de los porcentajes de inhibición enzimática. La cinética de reacción de pardeamiento catalizada por la enzima polifenoloxidasas se realizó con extractos enzimáticos obtenidos de las papas y catecol, la reacción se verificó espectrofotométricamente a una longitud de onda de 410 nm. En el escaldado se evaluaron la temperatura, tiempo, concentración de ácido láctico y cloruro de calcio sobre la actividad de la polifenoloxidasas, la reacción se siguió espectrofotométricamente a 420 nm. Los porcentajes de inhibición de la enzima se determinaron a partir de las actividades enzimáticas determinadas. La cinética se ajustó al modelo de Michaelis-Menten, la velocidad máxima ($V_{m\acute{a}x}$) y constante de Michaelis-Menten (K_m) para la papa Yana Imilla, Ccompis, Peruanita fueron 0.0101 mM/min y 6.9499 mM, 0.0077 mM/min y 3.5755 mM y 0.0079 mM/min y 4.7062 mM respectivamente sugiriendo que existe afinidad de la enzima polifenoloxidasas con el catecol. Las actividades de la polifenoloxidasas en las variedades de papa, presentaron una significativa disminución a los 80 °C de temperatura, 420 segundos y concentración de ácido láctico al 5% en la mayoría de los tratamientos realizados. Los máximos porcentajes de inhibición de la enzima fueron del 99.32, 98.88, 99.69% para las variedades de papa Yana Imilla, Ccompis y Peruanita respectivamente.

Palabras clave: Ácido láctico, cloruro de calcio, escaldado, inhibición enzimática, papa.



ABSTRACT

The enzymatic browning inhibition in three potato varieties (“Yana Imilla, Ccompis and Peruanita”) was evaluated by blanching with lactic acid and calcium chloride solutions in order to evaluate the kinetics of enzymatic browning, the effect of the blanching process variables and determination of enzymatic inhibition percentages. The browning reaction catalyzed kinetics by the enzyme polyphenol oxidase was carried out with enzymatic extracts obtained from potatoes and catechol, the reaction was verified spectrophotometrically at a wavelength of 410 nm. In blanching, temperature, time, concentration of lactic acid and calcium chloride were evaluated on the polyphenoloxidase activity, the reaction was followed spectrophotometrically at 420 nm. The enzyme inhibition percentages were determined from the enzyme activities determined. The kinetics were adjusted to the Michaelis-Menten model, the maximum velocity (V_{max}) and Michaelis-Menten constant (K_m) for potato Yana Imilla, Ccompis, Peruanita were 0.0101 mM/min and 6.9499 mM, 0.0077 mM/min and 3.5755 mM and 0.0079 mM/min and 4.7062 mM respectively suggesting that there is affinity of polyphenol oxidase enzyme with catechol. The polyphenoloxidase activities in potato varieties showed a significant decrease at 80 °C temperature, 420 seconds and 5% lactic acid concentration in most of the treatments.

Keywords: Lactic acid, calcium chloride, blanching, enzyme inhibition, potato.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los alimentos son productos naturales o procesados, capaces de proporcionar al organismo que lo ingiere la energía y la estructura química que necesita para desarrollar sin problemas sus procesos biológicos (Bello, 2000). Es necesaria una ingesta mínima de nutrientes, tanto en cantidad y calidad, para mantener las funciones en las diferentes etapas de la vida. Siendo un hecho innegable hoy en día que los hábitos alimenticios adecuados son importantes para mantener una buena salud (Astiasarán y Martínez, 2003). Todos los alimentos están compuestos por diferentes elementos en proporciones variables como agua, hidratos de carbono, proteínas, lípidos, vitaminas minerales, pigmentos, sabores y agentes bioactivos (Badui, 2012).

La papa (*Solanum tuberosum*) es un tubérculo que se utiliza en gran medida como alimento, siendo muy importante para el consumo humano. En la actualidad, es el cuarto cultivo más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz (Singh y Kaur, 2016). Es fuente de compuestos bioactivos como almidón, fibra dietética, aminoácidos, minerales, vitaminas y compuestos fenólicos. Además, la planta de la papa, se encarga de sintetizar los compuestos fenólicos como respuesta de protección frente a bacterias, hongos, virus e insectos. Su contenido fenólico y la capacidad antioxidante son inferiores a los de otras plantas, su elevado consumo puede provocar una mayor ingesta de fenoles y antioxidantes (Akyol *et al.*, 2016).

Las enzimas son moléculas de naturaleza proteica que controlan el mecanismo de la reacción, son catalizadores en sistemas biológicos (Melo y Cuamatzi, 2019); catalizan la conversión de uno o más compuestos en uno o varios productos. Para llevar a cabo su acción catalítica, interaccionan con el sustrato en el denominado sitio activo, que está



constituido por unos cuantos aminoácidos de la enzima (Herrera *et al.*, 2014). La polifenoloxidasa es una enzima, se le conoce como catecoloxidasa, difenoloxidasa, catecolasa, fenolasa, o-difenolsa, cresolasa, tirosinasa, etc. Contiene cobre en su sitio activo, que es crucial para la actividad enzimática presente en algunas bacterias, hongos, artrópodos, en la mayoría de las plantas y mamíferos (Kuddus, 2018).

El pardeamiento enzimático es el resultado de la oxidación enzimática de compuestos fenólicos a o-quinonas, compuestos altamente reactivos que se polimerizan para formar melaninas de coloración marrón. Esta reacción es catalizada por enzimas del tipo oxidasas, polifenoloxidasa y peroxidasa (Silveira, 2017). La oxidación de compuestos fenólicos por la polifenoloxidasa a o-quinonas seguido de su polimerización no enzimática o condensación conduce a la decoloración indeseable de productos vegetales. La reacción de pardeamiento puede ser útil, por ejemplo, en el proceso de fermentación del té o en la conservación de proteínas en cultivos forrajeros. En general, la decoloración oxidativa observada en varios productos vegetales se considera negativa, ya que causa un deterioro de la calidad al alterarse las propiedades organolépticas y nutricionales del producto, también repercute negativamente en su aceptación por parte del consumidor, en su vida útil y valor (Jukanti, 2017).

Los métodos empleados para la inhibición o minimización del proceso del pardeamiento enzimático incluyen el tratamiento térmico, los inhibidores de la polifenoloxidasa, los agentes quelantes, los acidulantes, los compuestos reductores, los recubrimientos comestibles, el envasado en atmósfera modificada, la atmósfera controlada y el almacenamiento en frío (Caballero *et al.*, 2016). El escaldado es el método comúnmente empleado para prevenir el pardeamiento enzimático, la inactivación o inhibición pueden realizarse exponiendo las hortalizas en agua caliente, soluciones calientes e hirviendo que contenga sales o ácidos (Severini *et al.*, 2003).



El objetivo principal del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto inhibitorio del escaldado con ácido láctico y cloruro de calcio de la enzima polifenoloxidasa (PFO) de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) para la prevención del pardeamiento enzimático.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la inhibición del pardeamiento enzimático en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) mediante el escaldo con soluciones de ácido láctico y cloruro de calcio.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la cinética de reacción de pardeamiento catalizada por la enzima polifenoloxidasa de las variedades de papa Yana Imilla, Ccompis y Peruanita.
- Evaluar el efecto de la temperatura, tiempo, concentración de ácido láctico y concentración cloruro de calcio sobre la actividad de la enzima polifenoloxidasa de las variedades de papa Yana Imilla, Ccompis, Peruanita escaldadas.
- Determinar los porcentajes de inhibición de la enzima polifenoloxidasa en las muestras de papa Yana Imilla, Ccompis y Peruanita escaldadas.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. A nivel internacional

Arrázola *et al.* (2016), estudiaron el efecto del tiempo y temperatura de escaldado sobre la actividad enzimática de la polifenoloxidasa en dos variedades de batata blanca y colorada. Las muestras se sometieron a temperaturas de escaldado de 75, 80 y 85 °C y tiempos de 30, 60, 90, 120, 150 y 180 segundos en soluciones de ácido cítrico al 0.5% y ácido ascórbico al 1%. Concluyeron que la actividad enzimática de la enzima polifenoloxidasa se redujo en un 86.8% para la variedad colorada y 86.17% en la variedad blanca mediante la acción del escaldado.

Barreiro y Vera (2017), evaluaron el efecto del ácido ascórbico en el pardeamiento enzimático de la pulpa de pitahaya almacenada a diferentes temperaturas de congelación, los factores fueron el porcentaje de ácido ascórbico y la temperatura de almacenamiento. Emplearon un diseño completamente al azar con tres réplicas por tratamiento. Concluyeron que mediante el análisis colorimétrico que el ácido ascórbico con porcentaje de 1.2% evitó el pardeamiento enzimático de la pulpa de pitahaya y la temperatura no fue significativa.

Uscanga *et al.* (2019), evaluaron el efecto del ácido ascórbico y el ascorbato de calcio en el color, firmeza, actividad de la polifenoloxidasa y la calidad visual de la berenjena. Los experimentos lo realizaron mediante un diseño experimental con 17 tratamientos y tres repeticiones, los cubos de berenjena se



sumergieron en soluciones de ácido ascórbico al 1%, ascorbato de calcio al 1% y 2% en rangos de pH variable. Las soluciones de ascorbato de calcio con pH 4 a 5 y 7 a 8 y de ácido ascórbico con pH 7 a 8 controlaron efectivamente el pardeamiento enzimático. Los parámetros de color a, b y L en el momento del corte fueron -4.71 ± 1.03 , 21.67 ± 3.04 y 88.04 ± 3.29 respectivamente, y a los 6 días de almacenamiento fueron -1.28 ± 1.51 , 23.79 ± 1.51 y 85.26 ± 1.50 respectivamente.

Vega *et al.* (2020), evaluaron la inhibición de la enzima polifenoloxidasas en una pasta de Persea Americana variedad Hass por medio de la cáscara de cebolla de dos especies de bulbo blanco y rojo sometidas a dos tratamientos térmicos de 100 y 115 °C. Realizaron diferentes tratamientos utilizando el agente inhibidor a diferentes concentraciones y tiempos. Midieron las absorbancias de 4 tratamientos 1:0, 1:1, 1:2 y 2:1 respectivamente correspondiente a la enzima y al agente inhibidor. Como resultados de la evaluación de la actividad enzimática, lograron inhibir cercana al 100% la polifenoloxidasas para una concentración de 1:2 para la cebolla de bulbo blanco a temperatura de 100 °C en relación a la enzima sustrato con la cebolla roja la inhibición fue variable para cada tratamiento.

Ma *et al.* (2021), investigaron la influencia del tratamiento con solución de NaCl precortada sobre el pardeamiento, la actividad de la polifenoloxidasas y el contenido de aminoácidos en la papa recién cortada. Los resultados mostraron que el tratamiento con solución de NaCl precortada al 5% durante 3 horas mejoró la calidad visual, redujo el pardeamiento y la deshidratación de la superficie y extendió su vida útil de 3 a 4 días a las 5 horas. La actividad de la polifenoloxidasas en tubérculos y rodajas de papa recortadas tratadas con NaCl fue menor que los tratados con agua. Los aminoácidos libres en las papas sin tratar, tratadas con agua y cloruro de sodio fueron 1922.7, 1911.2 y 1913.8 mg/kg respectivamente.



2.1.2. A nivel nacional

Mamani (2018), determinó el efecto de la capacidad antioxidante del ajo deshidratado sobre el pardeamiento enzimático de la palta Fuerte y Hass. En el estudio se determinó el efecto de la concentración de ajo deshidratado (1 y 2%), temperatura de la solución (20 y 40 °C) y tiempo de inmersión (1 y 2 min). Los resultados mostraron una mayor estabilidad para la palta Fuerte a una concentración de ajo al 2%, temperatura de 20 °C y tiempo de inmersión de 2 minutos; y para la palta Hass se obtuvo mejores resultados a una concentración del 1%, temperatura de 20 °C y tiempo de inmersión de 1 minuto. Las actividades enzimáticas de la palta fuerte y la palta Hass disminuyeron a 0.045 U/mL y 0.064 U/mL respectivamente.

Delgado y Hurtado (2019), evaluaron el efecto del ácido cítrico y ascórbico para reducir la actividad de la enzima polifenoloxidasa en pulpa de nísperos. En la parte experimental realizó una caracterización fisicoquímica del níspero, seguidamente determinó la actividad enzimática de la polifenoloxidasa mediante tratamiento con ácido cítrico al 2% (tratamiento 1), ácido ascórbico al 2% (tratamiento 2) y mezcla de ácido cítrico y ascórbico al 2% (tratamiento 3). En el tratamiento 3 fue el que mitigó en mayor proporción la actividad de la polifenoloxidasa encontrando un valor residual de actividad igual a 22 UA/mg.

Horna y Saldaña (2019), optimizaron el tiempo de escaldado a vapor y grado de madurez sobre la inactivación de la enzima polifenoloxidasa en el banano de la variedad Cavendish. En la parte experimental, trabajaron con rodajas de 11 a 13 mm de espesor, para la evaluación de tres grados de maduración y tiempos de escaldado de 3, 3.5, 4 y 4.5 minutos a temperatura constante de 90 a 95 °C. La



inactivación de la enzima polifenoloxidasa fue del 92.02% para un tiempo de escaldado de 4 minutos.

Yildiz (2019), empleó soluciones de ácido ascórbico y cloruro de calcio solas y combinadas para la inactivación de las enzimas de pardeamiento en la papa. Se observó que la inactivación de la enzima polifenoloxidasa se consiguió con la aplicación combinada de ácido ascórbico al 2% y cloruro de calcio al 1%. Esta combinación mostró una actividad de pardeamiento relativamente menor. Las actividades enzimáticas de la papa sin y con tratamiento fueron de 185 ± 1.1 U/mL y 78 ± 1.7 U/mL respectivamente.

Burga (2021), comparó la eficiencia del escaldado y acidificación para la inactivación de la polifenoloxidasa en rodajas de yacón. Las variables para el tratamiento de escaldado fueron la temperatura (65, 75 y 85 °C) y tiempo (5, 10 y 15 minutos) y para el tratamiento de acidificación fueron la concentración de ácido cítrico (0.3, 0.5 y 0.7%) y tiempo (6, 9 y 12 minutos). Según los resultados se logró inhibir la polifenoloxidasa en un 75.85% a una temperatura de 75 °C y tiempo de 5 minutos.

Ponce (2022), investigó la capacidad antioxidante del ajo para la inhibición del pardeamiento enzimático de la papa picada. Los tratamientos se realizaron con concentraciones de extracto de ajo fueron del 1, 2 y 3% y los tiempos de 4, 6 y 8 minutos a 40 °C. Se logró controlar el pardeamiento enzimático empleando una concentración de ajo del 2% y tiempo de 6 minutos. La actividad de la enzimática de la polifenoloxidasa presentaron valores de 0.97 a 5.01 U/mL.



2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. La papa

La papa es una importante fuente de nutrición humana; ocupa el quinto lugar entre los principales cultivos alimenticios del mundo, solo superada por las gramíneas como el trigo, el arroz, el maíz y la cebada (Cabrera y Escobal, 2002). La papa ha estado asociada a las culturas más remotas de nuestra historia. Los primeros habitantes del Perú (cazadores, recolectores, nómadas) recolectaban tubérculos de especies silvestres ampliamente distribuidas en nuestro territorio. El cultivo de la papa en nuestro país ocupa el segundo lugar respecto a otros cultivos (Egúsqiza, 2000).

2.2.1.1. Morfología

Según Egúsqiza (2000), la papa presenta las siguientes características morfológicas que se describen a continuación:

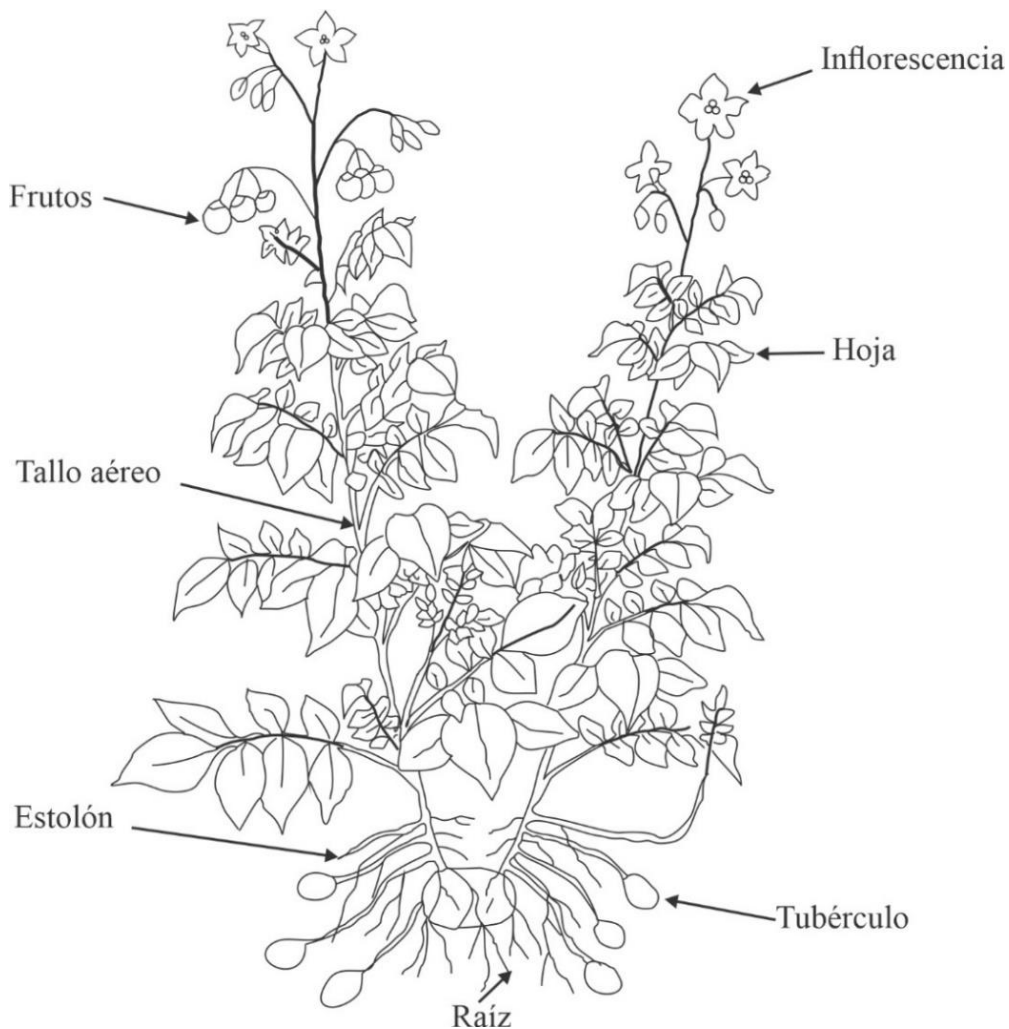
- i) **La planta.** La papa es de naturaleza herbácea. La planta consta de un sistema aéreo y un sistema subterráneo.
- ii) **Las flores.** La flor es la estructura aérea que cumple funciones de reproducción sexual. Mediante las flores se pueden diferenciar y reconocer las variedades.
- iii) **La hoja.** La hoja es la estructura que sirve para captar y transformar la energía lumínica (luz solar) en energía alimenticia (azúcares y almidón).



- iv) Los frutos.** El número de semillas por fruto puede variar desde cero hasta 400. Cada semilla tiene la facultada de originar una planta.
- v) Los tallos.** La papa es un conjunto de tallos aéreos y subterráneos. El tallo principal se origina del brote del tubérculo semilla y el tallo secundario se origina de una yema subterránea del tallo principal.
- vi) La raíz.** La raíz es la estructura subterránea responsable de la absorción de agua. Se origina en los nudos de los tallos subterráneos.
- vii) El estolón.** El estolón es un tallo subterráneo que se origina en la yema del tallo subterráneo. El externo del estolón tiene la forma de gancho.
- viii) Tubérculos.** El tubérculo de papa es el tallo subterráneo especializado para el almacenamiento de los excedentes de energía (almidón).

Figura 1

Morfología de la papa.



Fuente: Pumisacho y Sherwood (2002).

2.2.1.2. Taxonomía

La papa (*Solanum tuberosum*) es una dicotiledónea que forma parte de una familia muy numerosa de especies que se agrupan en categorías según su grado de semejanzas (Egúsquiza, 2000). Su categoría taxonómica es (Pumisacho y Sherwood, 2002):

Familia : Solanaceae
Género : Solanum



Subgénero : Potatoe
Sección : Petota
Serie : Tuberosa

2.2.1.3. Valor nutritivo

Los componentes nutricionales de la papa se muestran en la Tabla 1 (Egúsquiza, 2000).

Tabla 1

Valor nutricional de la papa fresca.

<i>Composición*</i>	
Humedad	78.00 g
Proteína	2.10 g
Almidón	18.50 g
Cenizas	1.00 g
Grasas	0.10 g
Potasio	560.00 mg
Fosforo	50.00 mg
Calcio	9.00 mg
Sodio	7.00 mg
Hierro	0.80 mg
B1 (Tiamina)	0.10 mg
B2 (Riboflavina)	0.04 mg
B6 (Piridoxina)	0.25 mg
Vitamina C	20.00 mg
Niacina	1.50 mg

*Composición promedio en una porción de 100 gramos de papa fresca.

Fuente: Egúsquiza (2000).

2.2.1.4. Variedades de papa Yana Imilla, Ccompis y Peruanita

Variedad Yana Imilla. Se le encuentra desde 3000 m.s.n.m. en Puno, Cusco; y sierra de Arequipa. Es una planta de porte alta; floración numerosa. La flor es de color morada clara, casi celeste. Tubérculos

redondeados; morado oscuro; ojos semiprofundos; pulpa blanca marfil; brotes morado oscuros (Egúsquiza, 2000).

a) **Variedad Ccompis.** Se siembra desde 3000 m.s.n.m. en las regiones de Cusco, Puno, Apurímac y Ayacucho. Es una planta de porte alto; flores blancas numerosas. Los tubérculos redondos; rosados claros; ojos semiprofundos, pulpa blanco marfil; brote color rosado (Egúsquiza, 2000).

b) **Variedad Peruanita.** Se encuentra sembrada sobre los 3300 m.s.n.m. en los departamentos de Huanuco, Pasco, Junin, Huancavelica y Apurimac. Tiene una planta de porte mediano a alto, tallos numerosos. Sus tubérculos son redondeados con ojos semiprofundos; piel bicolor, áreas de color rojizo de borde definido y áreas amarillentas alrededor de los ojos (Egúsquiza, 2000).

Figura 2

Variedad de papa.



a) Yana Imilla



b) Ccompis

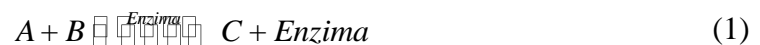


c) Peruanita

2.2.2. Enzimas

Las enzimas son proteínas con actividad catalítica (catalizadores), lo que significa que aceleran las reacciones químicas (Kontogiorgos, 2021). Las sintetizan las células biológicas y en todos los organismos intervienen en reacciones química relacionadas con el metabolismo (Belitz *et al.*, 2009).

Las enzimas son catalizadores biológicos responsables de miles de reacciones químicas propias de cualquier organismo vivo, desde que nace hasta que muere. En general, un catalizador es una sustancia que acelera una reacción química. Considérese la reacción entre dos sustancias A y B para dar como resultado C. Con la enzima se puede resumir como sigue (Badui, 2012):

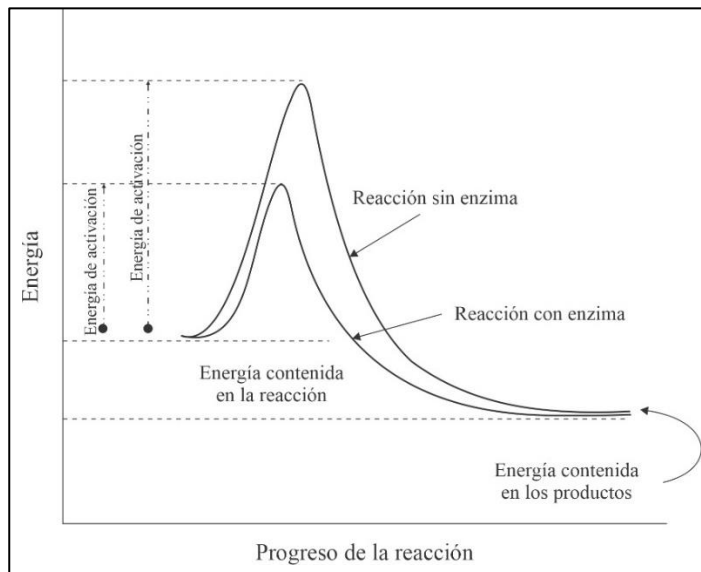


Es decir, la enzima participa para acelerar la reacción, pero permanece inalterable para seguir actuando hasta que ya no exista A o B, o que se desnaturalice por efecto del pH o de las altas temperaturas.

Las moléculas deben colisionar para que ocurra una reacción química. Incluso cuando las moléculas chocan, esto debe ocurrir con éxito para producir productos, y los reactivos deben superar alguna barrera de energía para colisionar con éxito. La energía que debe vencer una molécula para sufrir una reacción química se llama energía de activación. Si la barrera es demasiado alta, la reacción difícilmente se llevará a cabo, lo que significa que se requieren más colisiones moleculares. Las enzimas reducen la energía de activación necesaria, lo que facilita la reacción para se produzca colisiones con éxito, lo que facilita la reacción (Kontogiorgos, 2021).

Figura 3

Energía de activación de las reacciones enzimáticas.

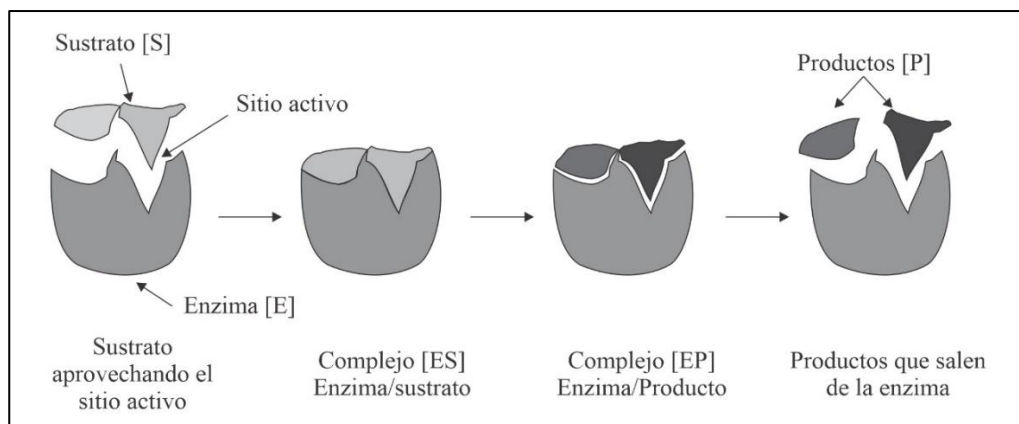


Fuente: Kontogiorgos (2021).

Las enzimas reúnen los sustratos en un lugar especial de la superficie denominado centro activo o centro catalítico para formar un complejo enzima-sustrato. La formación de este complejo reduce la energía de activación (Melo y Cuamatzi, 2019).

Figura 4

Mecanismo de las reacciones enzimáticas.



Fuente: Kontogiorgos (2021).

El sustrato específico puede formar enlaces relativamente débiles y temporales con la enzima en el sitio activo. La especificidad de la interacción sustrato-enzima puede entenderse mejor con la analogía de la llave y el candado. El sustrato se representa con una llave, mientras que la cerradura es la enzima. Cuando la llave encaja correctamente en la cerradura, la puerta se abre, es decir, se produce una reacción. Cuando la llave no encaja en la cerradura, la puerta no se abre, es decir, la reacción no es posible. De hecho, a menudo el sustrato no encaja exactamente en el sitio activo (Kontogiorgos, 2021).

2.2.3. Pardeamiento enzimático

El pardeamiento enzimático es un fenómeno que se produce en muchas frutas y verduras como las papas, champiñones, manzanas y plátanos. Se presenta cuando el tejido está magullado, cortado, pelado, enfermo o expuesto a condiciones anormales, se oscurece rápidamente al exponerse al aire como resultado de la conversión de compuestos fenólicos en melaninas marrones (Eskin y Shahidi, 2013).

Figura 5

Pardeamiento enzimático de la pera.



Fuente: Eskin y Shahidi (2013).

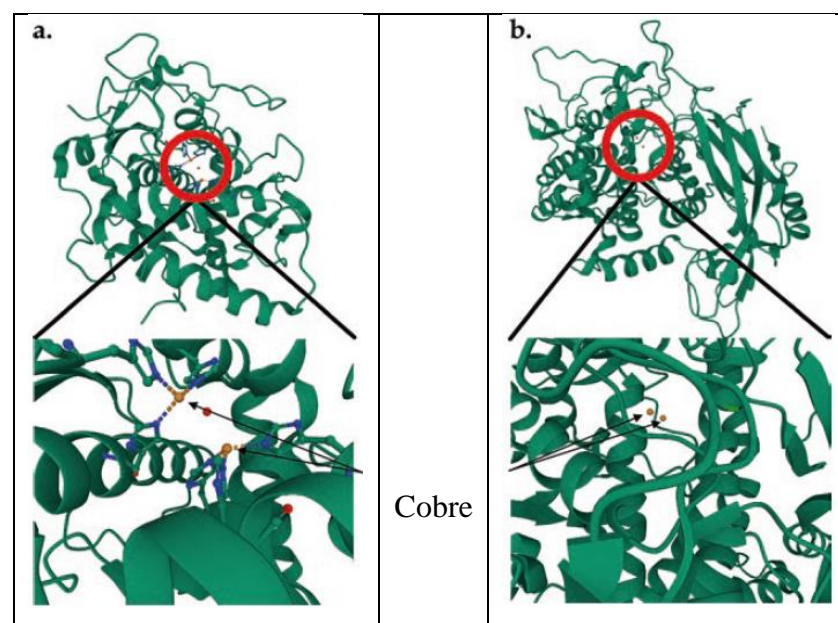
El proceso de oxidación de los compuestos fenólicos a melaninas esta catalizada por enzimas de tipo oxidasas, polifenoloxidadada (PPO) y peroxidasa (POD) (Silveira, 2017). El pardeamiento es el fenómeno que tiene lugar en los alimentos durante su procesamiento y almacenamiento. Estas reacciones de oscurecimiento provocan cambios desfavorables en las propiedades sensoriales, así como una disminución del valor comercial de diversos alimentos (Kuddus, 2018).

2.2.3.1. Sustratos del pardeamiento enzimático

Los principales sustratos para que pueda tener lugar el inicio de esta alteración son todos aquellos compuestos que responden a estructuras de monofenoles, ortodifenoles y polifenoles (Bello, 2000). Los sustratos de las polifenoloxidasas pueden ser un gran número de compuestos fenólicos diferentes (Velisek, 2014).

Figura 6

Estructuras de la polifenoloxidasas de (a) uvas y (b) hongos.



Fuente: Kontogiorgos (2021).

La polifenoloxidasa es una enzima que contiene cobre. En la figura 6 se muestra la estructura de las polifenoloxidasas de (a) las uvas y (b) los hongos. El zoom de las estructuras muestra el ion cobre necesario para la actividad. Aunque las estructuras de las proteínas son diferentes ambas tienen una actividad enzimática similar. Los compuestos fenólicos (sustratos de las polifenoloxidasas) contienen un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilos (Kontogiorgos, 2021). La enzima polifenoloxidasa se encuentra prácticamente en todos los tejidos vegetales en concentraciones especialmente altas y los más importantes se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

Sustratos importantes de polifenoloxidasa en los alimentos.

<i>Alimento</i>	<i>Sustrato</i>
<i>Frutas</i>	
Manzana	Ácido clorogénico, catequina, taninos
Pera	Ácido clorogénico
Uva	Catequina
Durazno	Catequina
Olivo	3,4-Dihidroxifeniletanol y sus derivados
Plátano	3,4-Dihidroxifeniletamina
Dátil	Ácido dactiliférico
Mango	Ácido gálico, galotaninos
Palta	Ácidos fenólicos
<i>Verduras y patatas</i>	
Lechuga	
Frijoles (verdes)	Tirosina
Cebolla	3,4-Dihidroxifenilalanina
Papa	Ácido protocatequiico
<i>Otros</i>	
Champiñones	Tirosina, ácido clorogénico, catequinas
Hojas de te	Tirosina, ácidos pulvínicos y otros
Granos de café	fenoles
Granos de cacao	Catequinas

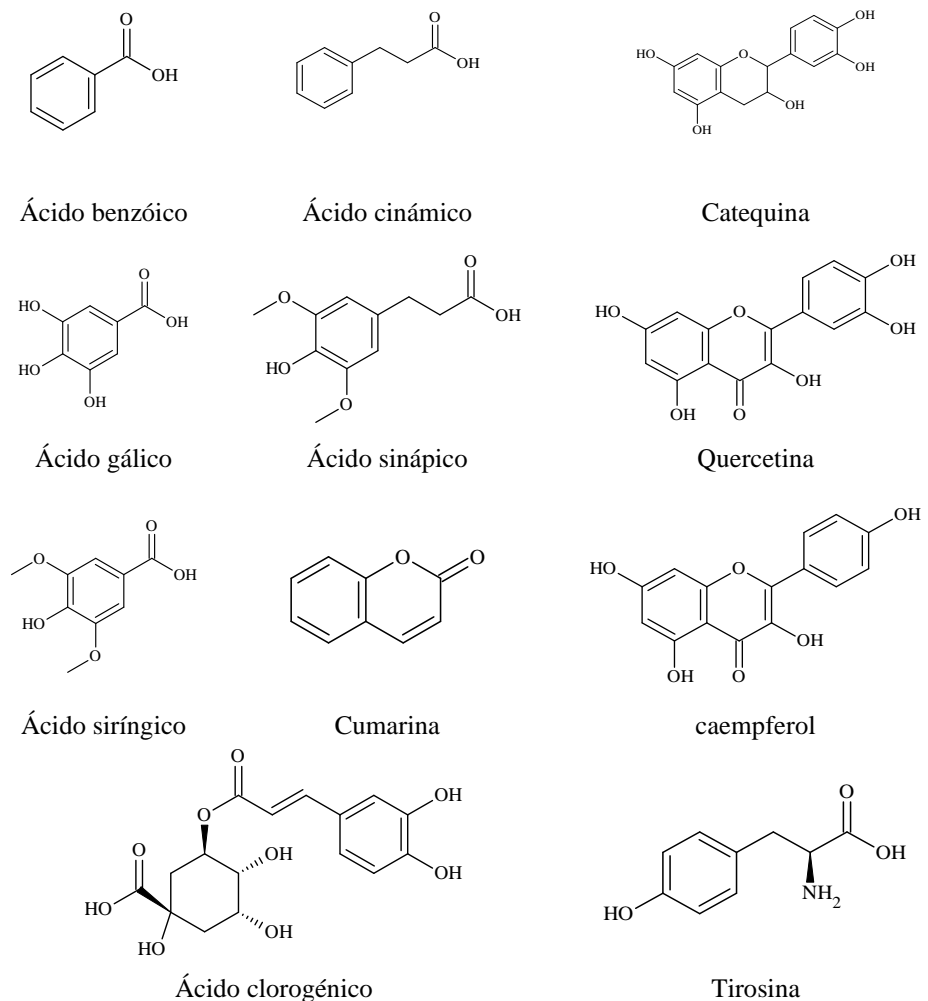
Ácidos clorogénico y cafeico
Catequinas

Fuente: Velisek (2014).

Los sustratos de la polifenoloxidasas son compuestos fenolicos que contienen un anillo aromatico con uno o más grupos hidroxilo (Kontogiorgos, 2021). El contenido de los compuestos fenolicos depende de factores genéticos como especie y variedades, del grado de madurez y de factores externos relacionados con el ambiente como la luz, temperatura, nutrientes, uso de pesticidas, etc. (Velisek, 2014).

Figura 7

Principales sustratos del pardeamiento enzimático.



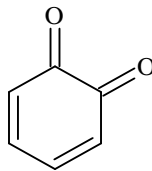
Fuente: Kontogiorgos (2021).

2.2.3.1.1. El catecol

El catecol llamado también 1,2-dihidroxibenceno es un compuesto fenólico simple notablemente activo en comparación con la mayoría de los orto-metoxifenoles (Rappoport, 2003). Los catecoles se encuentran de forma natural en las frutas y verduras. Son pequeñas moléculas muy utilizadas para la síntesis en alimentos, productos farmacéuticos o ingredientes agroquímicos, pero también son aditivos estabilizantes (Faure, y otros, 2013). El catecol puede ser oxidado por la polifenoloxidasas (PFO), debido a que el grupo hidroxilo se encuentra en la posición orto presentando una alta afinidad con la PFO (Eskin & Shahidi, 2013).

Figura 8

Estructura del catecol.



Fuente: Caballero *et al.* (2016).

2.2.3.2. Mecanismo general de reacción

El pardeamiento enzimático implica la acción de la enzima polifenoloxidasas (PFO) en presencia de oxígeno. Los sustratos que son principalmente polifenoles están presentes en los plastos, mientras que las enzimas se encuentran en el citoplasma. En el procesado de frutas y verduras, cuando el tejido se lesiona, los plastidios se rompen y las PFO entran en interacción con los sustratos (Kuddus, 2018). La reacción requiere de la presencia simultánea de una enzima, sustrato y oxígeno. La PFO es



una metaloenzima, ya que contiene cobre en su sitio activo, necesaria para la actividad enzimática (Kontogiorgos, 2021).

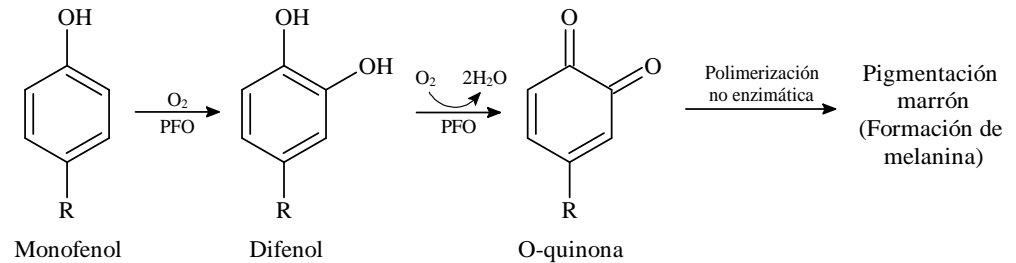
La PFO cataliza 2 reacciones (Bello, 2000):

- i) La PFO cataliza la reacción de hidroxilación de los monofenoles (sustrato incoloro) en difenoles (compuesto incoloro) en presencia de oxígeno molecular, utilizando un átomo para formar el difenol y el otro es reducido a agua. Esta actividad enzimática se le llama cresolasa.
- ii) La PFO oxida a los difenoles para convertirlos a o-benzoquinonas, interviniendo el oxígeno del aire como aceptor de hidrógenos y la actividad enzimática es conocida con el nombre de catecolasa. La cantidad de sustrato es el que limita la velocidad de reacción.

Luego de las reacciones catalizadas por la PFO, tiene lugar la polimerización no enzimática de las quinonas, como resultado del cual se forman pigmentos de alto peso molecular, es decir, compuestos insolubles y complejados de color oscuro conocidos como melaninas (Kuddus, 2018).

Figura 9

Formación de pigmento marrón (melanina) a partir de compuestos fenólicos.

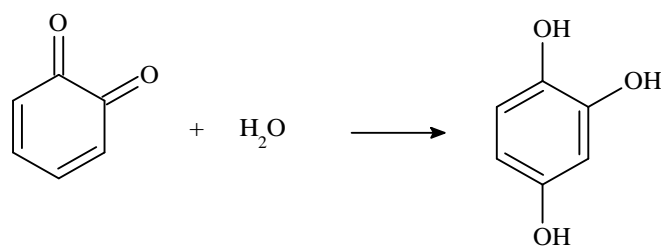


Fuente: Kuddus (2018).

Las quinonas pueden ser hidroxiladas de modo secundario mediante reacción con moléculas de agua para dar lugar a trihidroxibencenos, de acuerdo con la Figura 10.

Figura 10

Hidroxilación de las quinonas.

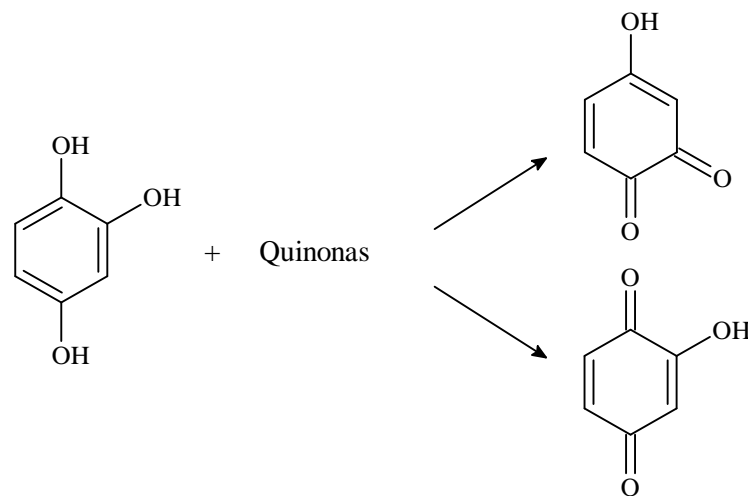


Fuente: Eskin y Shahidi (2013).

La gran capacidad de reacción de estos compuestos trifenólicos los lleva a cambios intramoleculares entre quinonas y fenoles para dar lugar a la formación de hidroxiquinonas, según la reacción (Bello, 2000):

Figura 11

Formación de hidroxiquinonas.

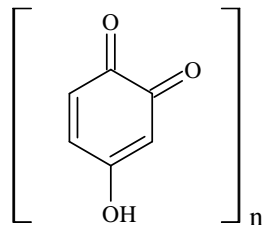


Fuente: Bello (2000).

Las melaninas responden a las estructuras complejas no bien aclaradas, cuyo esquema general es la siguiente:

Figura 12

Estructura general de las melaninas.



Fuente: Bello (2000).

2.2.4. Control del pardeamiento enzimático

El pardeamiento de los alimentos vegetales por las enzimas provoca una pérdida del 50% de las frutas tropicales. Controlar el pardeamiento enzimático tiene muchos beneficios económicos y de calidad para frutas y verduras. El pardeamiento enzimático se puede prevenir con los siguientes métodos (Kuddus, 2018):



2.2.4.1. Inactivación por calor

El tratamiento térmico es el más utilizado para estabilizar los alimentos debido a su capacidad para destruir microorganismos e inactivar las enzimas. En el escaldado se inactiva las enzimas vegetales, pero provoca la pérdida de vitaminas, sabor, color, textura, carbohidratos y otros componentes solubles en agua. La inactivación de la PFO y otras enzimas se consigue sometiendo el alimento a altas temperaturas por un periodo de tiempo adecuado para desnaturalizar la proteína a 70 a 90 °C y el tiempo necesario para la inactivación depende del alimento (Eskin y Shahidi, 2013).

2.2.4.2. Inactivación por congelamiento

La congelación es una técnica utilizada a menudo para detener las reacciones de pardeamiento. En efecto, la congelación provoca una disminución del agua disponible para las reacciones enzimáticas. Esta técnica puede ser útil para prevenir el pardeamiento si no es necesario descongelar el producto, ya que el pardeamiento enzimático se produce muy rápidamente en el producto tras la descongelación, lo que puede alterar la calidad de los alimentos (Ioannou y Ghoul, 2013).

2.2.4.3. Método de choque térmico

Este método consiste generalmente en el lavado a una temperatura de 45 a 70 °C durante no más de 5 minutos. Mediante este método se inhibe la actividad de la PFO, por lo que se ha demostrado que es beneficiosa para prevenir el oscurecimiento y la conservación de los alimentos. Mediante



este tratamiento térmico se limita el aumento de polifenoles junto con la mejora de las propiedades organolépticas en las verduras (Kuddus, 2018).

2.2.4.4. Procesado a alta presión

Las enzimas se pueden desactivar exponiendo los productos alimentarios a altas presiones de 3000 a 8000 bares sin que se vean afectados los nutrientes y el sabor relacionados con los tratamientos convencionales de procesado térmico. Sin embargo, la integridad de los productos porosos se ve afectada por su uso en vegetales. El aire limitado en la matriz del alimento está expuesto a la expansión y compresión durante la descompresión y presurización, por lo que perturba los tejidos del alimento y hace que esta operación sea inapropiada para frutas y verduras frescas (Kuddus, 2018).

2.2.4.5. Tratamiento químico

Para limitar el fenómeno de oxidación de las frutas y verduras, se utilizan diversos tratamientos químicos. Se diferencian por su acción en función de los agentes químicos utilizados las cuales son los agentes antioxidantes, agentes quelantes, agentes de firmeza y agentes acidificantes (Ioannou y Ghoul, 2013):

- Los antioxidantes pueden impedir el inicio del oscurecimiento al reaccionar con el oxígeno. También reaccionan con los productos intermedios, rompiendo así la reacción en cadena e impidiendo la formación de melanina. Su eficiencia depende de factores ambientales como el pH, la actividad del agua (a_w), la temperatura, la luz y la composición de la atmósfera (Ioannou y Ghoul, 2013).



El hexilresorcinol, la N-acetilcisteína, el ácido eritórbito, el ácido ascórbico, el clorhidrato de cisteína y el glutatión son los principales antioxidantes que se han estudiado para prevenir el pardeamiento de frutos (Kuddus, 2018).

- Los agentes quelantes forman complejos con las PFO o reaccionan con sus sustratos, lo que provoca una disminución del pardeamiento enzimático. Estos compuestos reducen el pardeamiento enzimático debido a su capacidad para formar un complejo con el cobre presente en la estructura de la enzima. El agente quelante más utilizado en el procesado de frutas es el ácido cítrico, que no sólo reduce el pH sino que también quela el cobre presente en el sitio activo de la PFO, inactiva así la enzima. El ácido benzoico, cinámico y oxálico también impiden la actividad de la PFO al formar un complejo con el cobre en el sitio activo de la enzima debido a su afinidad para formar complejos metálicos con el ion cobre (Kuddus, 2018).
- Las sales de calcio son las más conocidas, se utilizan para reforzar las paredes celulares. Las paredes celulares son más estables a diferentes tratamientos. Esto evita la destrucción de los compartimientos celulares y también el contacto de la PFO con los polifenoles de la vacuola. Los principales agentes de firmeza son el lactato de calcio, el propionato de calcio, el cloruro de calcio el ascorbato de calcio y el cloruro de calcio (Ioannou y Ghoul, 2013).
- Los agentes acidificantes, como el ácido cítrico, el ácido ascórbico y el glutatión, controlan el pardeamiento reduciendo el pH del

sistema, ya que el pH óptimo para la acción de la PFO oscila entre 5 y 7.5; los valores inferiores impiden la actividad enzimática.

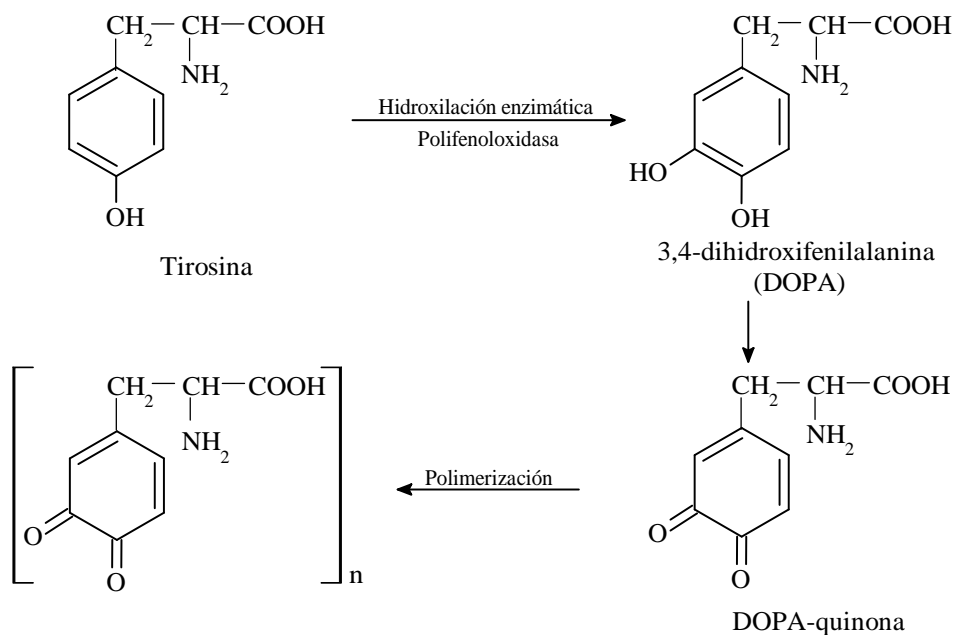
Los agentes acidificantes disminuyen el pH por debajo de 3.0 valor en el que la PFO se vuelve inactiva. El ácido acético, cítrico, málico, los ácidos malónicos y el ácido tartárico son los principales compuestos, estos se utilizan raramente para la inhibición del pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas (Kuddus, 2018).

2.2.5. Compuestos fenólicos en la papa

Los compuestos más comunes de las papas son el ácido cafeico, sus derivados (ácido clorogénico y sus isómeros), el flavonol rutina y ácidos hidroxicinámicos y sus conjugados (Velisek, 2014).

Figura 13

Conversión de la tirosina de las papas en polímeros melaninas.



Fuente: Adaptado de Bello (2000).

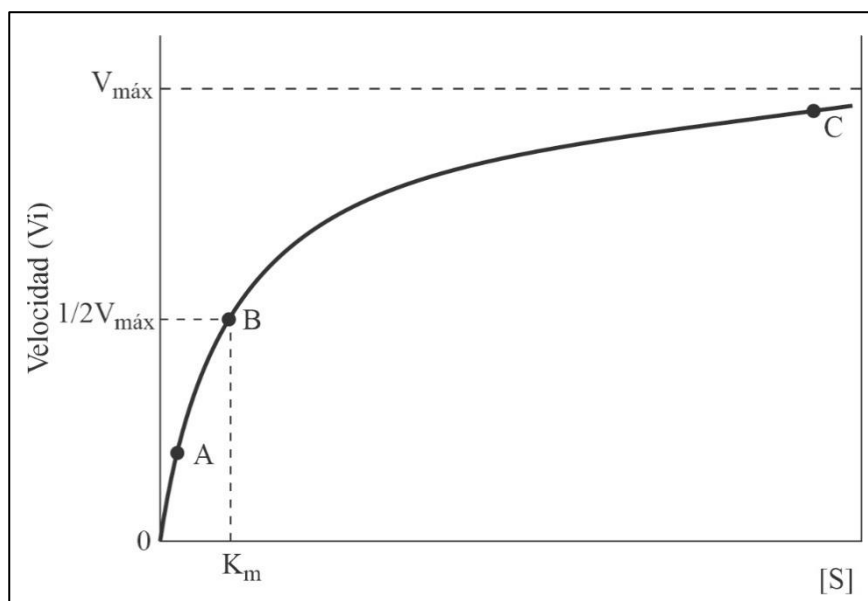
El contenido de compuestos fenólicos varía en un amplio rango dependiendo de varios factores, por ejemplo, la variedad. El ácido clorogénico y sus isómeros se han encontrado en los tubérculos de papa en un rango de 0.3 a 13.7 g/kg (Velisek, 2014). El pardeamiento enzimático de la papa tiene lugar debido a la presencia de sustratos fenólicos, sistema enzimático y presencia de oxígeno (Bello, 2000).

2.2.6. Cinética de reacción de pardeamiento enzimático

La cinética enzimática se refiere a los aspectos cuantitativos de las reacciones catalizadas por enzimas y los factores que las regulan (Herrera *et al.*, 2014). Estos factores son la concentración de la enzima, sustrato específico, el pH, la temperatura, los cofactores, los inhibidores y los activadores (Teijón, 2009).

Figura 14

Efecto de la concentración del sustrato sobre la velocidad inicial (V_i) de una reacción catalizada por una enzima.



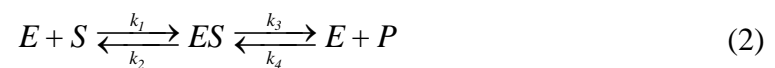
Fuente: Herrera *et al.* (2014).



La velocidad inicial v de una reacción catalizada por una enzima es directamente proporcional a la concentración de la enzima. Para una concentración dada de la enzima, v dependerá de la concentración del sustrato $[S]$. Para la mayoría de las enzimas, v se relaciona con $[S]$ mediante la hipérbola representada en la figura 14. Así mismo, cuando las concentraciones de sustrato $[S]$ son muy bajas, la velocidad inicial (V_i) de la reacción aumenta linealmente en función de la concentración del sustrato (Feduchi *et al.*, 2010).

En la figura 14, por encima de una determinada concentración de sustrato, la velocidad inicial presenta un menor aumento hasta alcanzar un valor máximo llamado velocidad máxima ($V_{m\acute{a}x}$). En este punto se considera que la enzima se encuentra saturado por el sustrato, donde todas las moléculas de la enzima se encuentran formando el complejo $[ES]$ (Herrera *et al.*, 2014).

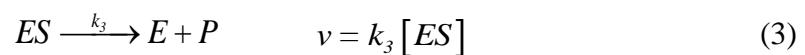
Para explicar las reacciones catalizadas por enzimas, existen varios modelos, uno de los más aceptados es el desarrollado por Michaelis y Menten en 1913. El modelo que propusieron es el más sencillo para explicar la cinética de muchas reacciones enzimáticas, la cual se representa en la siguiente ecuación general (Badui, 2013):



Donde E representa la enzima libre, S el sustrato, ES representa el complejo de la enzima y su sustrato unido por el centro activo de la enzima, P es el producto y k_1 , k_2 , k_3 y k_4 son las constantes de velocidad de los respectivos pasos de la reacción (Teijón, 2009). En la ecuación (2), una enzima E se combina con el sustrato S para formar un complejo ES con una constante de velocidad k_1 . El

complejo ES puede reaccionar de 2 maneras posibles; puede disociarse hasta E y S con una constante de velocidad k_2 o puede continuar hasta formar un producto P con una constante de velocidad k_3 . Se supone que casi nada del producto revierte al sustrato inicial; es una condición que se cumple en el estado inicial de la reacción, antes de que la concentración del producto sea apreciable (Melo y Cuamatzi, 2019).

En la ecuación (2), la formación del complejo ES generalmente es rápida y su descomposición en producto y enzima libre es un paso lento ($k_3 \ll k_1$) y también la constante $k_3 \ll k_4$. En los primeros instantes de la reacción, la velocidad de formación de producto ($\Delta P/\Delta t$) se define como la velocidad inicial (v) siendo proporcional a la concentración del complejo $[ES]$ (Badui, 2013). En este caso, la velocidad depende de la concentración de complejo $[ES]$ y de la constante de velocidad de la etapa más lenta (Feduchi *et al.*, 2010):



En la figura 15 se representa el cambio de la concentración de los distintos componentes en el transcurso de la reacción. La concentración de la enzima total $[E]_T$ en cualquier momento es igual a la concentración de la enzima libre $[E]$ más la que se ha acoplado al sustrato $[ES]$ (Herrera, Del Pilar, Roca, & Viana, 2014):

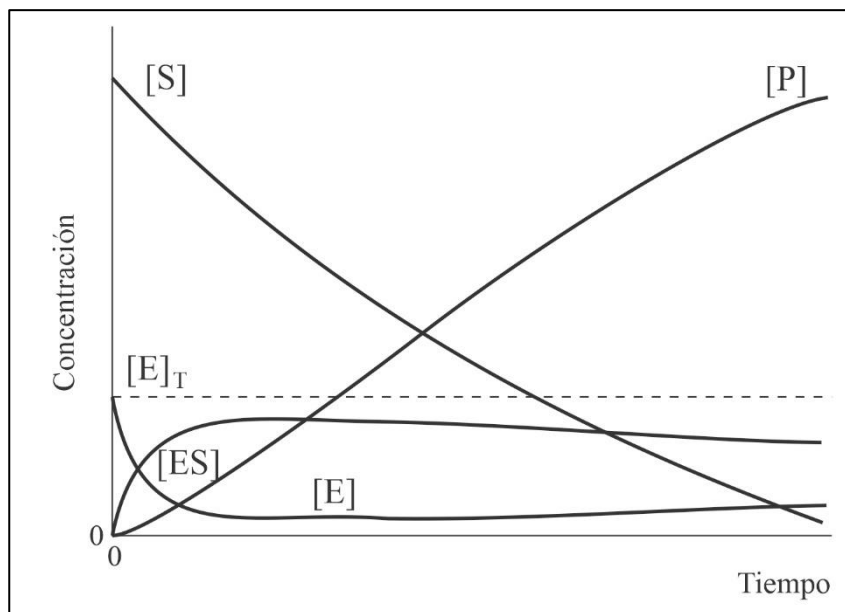
$$[E]_T = [E] + [ES] \quad (4)$$

Así mismo, en la figura 15 se observa que, al poco tiempo de iniciarse la reacción, la mayor parte de la enzima se encuentra formando el complejo ES en vez de estar en su forma libre. Así, el complejo ES alcanza un estado estacionario, ya que el consumo de ES se hace prácticamente igual al de su formación, y así se

mantiene en el transcurso de la reacción. El valor de $[ES]$ disminuye muy lentamente a medida que se va consumiendo el sustrato, mientras que $[E]$ aumenta en sentido opuesto (Herrera *et al.*, 2014).

Figura 15

Representación de la variación de las concentraciones de sustrato $[S]$, enzima total $[E]_T$, enzima libre $[E]$, enzima unida al sustrato $[ES]$ y del producto $[P]$ en el transcurso de una reacción enzimática.

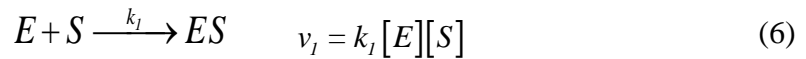


Fuente: Herrera *et al.* (2014).

El valor de $[ES]$ es prácticamente constante en el transcurso de la reacción, se puede considerar que su cambio en función del tiempo es 0 (Herrera *et al.*, 2014).

$$\frac{d[ES]}{dt} = 0 \quad (5)$$

Según la ecuación (2), las velocidades de formación y disociación del complejo ES viene dado por las siguientes expresiones (Melo y Cuamatzi, 2019):



En estado estacionario el cambio de ES en función del tiempo es igual a cero (ecuación 5) y se cumple la siguiente igual (Herrera *et al.*, 2014):

$$\frac{d[ES]}{dt} = 0 = v_1 - v_2 - v \quad (8)$$

Sustituyendo los valores de las ecuaciones (3), (6) y (7) en la ecuación (8), obtenemos la siguiente expresión:

$$0 = k_1[E][S] - k_2[ES] - k_3[ES] \quad (9)$$

A su vez, la ecuación (4) se puede sustituir en la ecuación (9) el valor de la enzima libre [E], que es: $[E] = [E]_T - [ES]$ y reordenando:

$$0 = k_1([E]_T - [ES])[S] - k_2[ES] - k_3[ES] \quad (10)$$

$$k_1[E]_T[S] = k_1[ES][S] + k_2[ES] + k_3[ES] \quad (11)$$

Luego dividiendo los dos términos de la ecuación (11) por k_1 obtenemos la ecuación (12) y agrupando las constantes de velocidad tenemos:

$$[E]_T[S] = [ES][S] + \frac{k_2[ES] + k_3[ES]}{k_1} \quad (12)$$



$$[E]_T [S] = [ES][S] + \frac{k_2 + k_3}{k_1} [ES] \quad (13)$$

La relación entre las tres constantes puede expresarse en términos de una única constante: K_m o constante de Michaelis-Menten.

Así para algunas enzimas K_m es un índice de la afinidad de la enzima por su sustrato (Teijón, 2009):

$$\frac{k_2 + k_3}{k_1} = K_m \quad (14)$$

Sustituyendo la ecuación (14) en la ecuación (13) y reordenando obtenemos las siguientes expresiones:

$$[E]_T [S] = [ES][S] + K_m [ES] \quad (15)$$

$$[ES] = \frac{[E]_T [S]}{K_m + [S]} \quad (16)$$

Al sustituir la ecuación (16) en la ecuación (3) se tiene la expresión que se muestra a continuación:

$$v = \frac{k_3 [E]_T [S]}{K_m + [S]} \quad (17)$$

En la figura 14, el valor de la K_m corresponde a la concentración del sustrato en que la velocidad de la reacción es igual a la mitad de la velocidad máxima ($V_{máx}$) (B, en la figura 14). También, puede derivarse que cuando la concentración del sustrato es muy alta, la velocidad de la reacción llega a alcanzar la $V_{máx}$. Así, si en la ecuación (17) se considera que el valor de $[S]$ es muy alto; es

decir, muy superior al valor de la K_m , ésta puede considerarse 0, en cuyo caso v es realmente $V_{m\acute{a}x}$. Sustituyendo en (17) tenemos:

$$V_{m\acute{a}x} = \frac{k_3 [E]_T [S]}{0 + [S]} = k_3 [E]_T \quad (18)$$

Finalmente, sustituyendo la ecuaci3n (18) en la ecuaci3n (17), tenemos la denominada ecuaci3n de Michaelis-Menten:

$$v = \frac{V_{m\acute{a}x} [S]}{K_m + [S]} \quad (19)$$

Esta es la ecuaci3n de velocidad para una reacci3n de un solo sustrato catalizada por una enzima. Adem3s, establece la relaci3n cuantitativa entre la velocidad inicial (v), la velocidad m3xima ($V_{m\acute{a}x}$) y la concentraci3n inicial de sustrato $[S]$, relacionados por la constante de Michaelis-Mente (K_m). Por consiguiente, esta ecuaci3n fue deducida, partiendo de la hip3tesis b3sica de que la etapa limitante de la velocidad en las reacciones enzim3ticas es la ruptura del complejo enzima-sustrato $[ES]$, para formar el producto y la enzima libre (Melo y Cuamatzi, 2019).

2.2.6.1. Linealizaci3n de la ecuaci3n de Michaelis-Menten

Cuando se realiza un estudio de la cin3tica de una enzima, dibujando la relaci3n entre la velocidad inicial frente a distintas concentraciones de sustrato (Figura 14), para cuantificar las 2 constantes que identifican a la enzima, $V_{m\acute{a}x}$ y K_m , con frecuencia resulta que las concentraciones de sustrato que se requieren para alcanzar la $V_{m\acute{a}x}$ son exageradamente altas. En algunos casos, incluso se alcanzan valores de concentraci3n de sustrato en los que se supera su propia solubilidad en el

medio (Herrera *et al.*, 2014). Para resolver este problema se ha descrito varias formas, siendo las más utilizada frecuentemente la propuesta por Lineweaver-Burk que consiste en invertir la ecuación de Michaelis-Menten (Teijón, 2009):

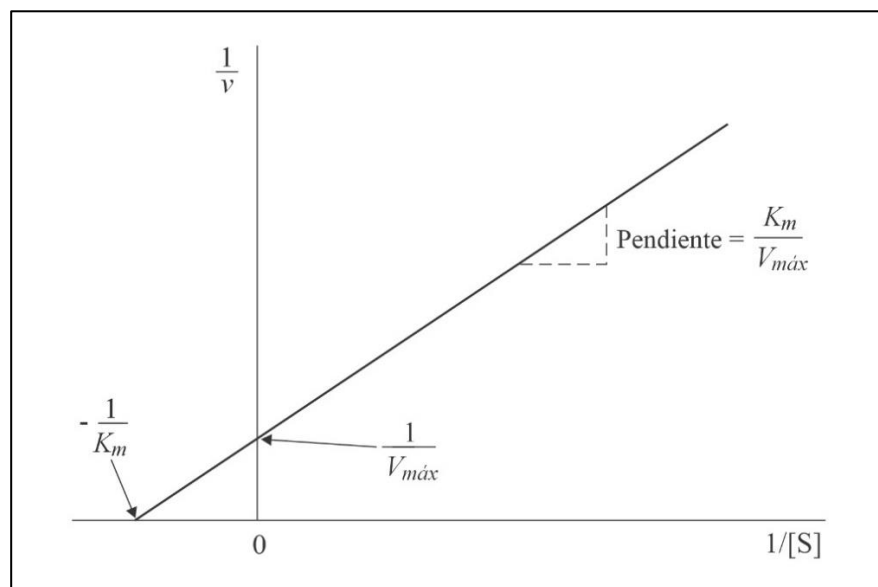
$$\frac{1}{v} = \frac{K_m + [S]}{V_{m\acute{a}x} [S]} \quad (20)$$

Reordenando la ecuación (20), se convierte en su forma lineal llamada ecuación de Lineweaver-Burk:

$$\frac{1}{v} = \frac{K_m}{V_{m\acute{a}x}} \cdot \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{m\acute{a}x}} \quad (21)$$

Figura 16

Representación gráfica de la ecuación de Lineweaver-Burk.



Fuente: Melo y Cuamatzi (2019).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se realizó en los Laboratorios Generales de la Universidad Nacional de Juliaca ubicada en el Jr. Manco Inca S/N del distrito de Juliaca, provincia de San Román, región Puno en las coordenadas UTM 376500.294E/8287255.0.44N y altitud de 3831 m.s.n.m.

3.2. TIPO DE ESTUDIO

Según la naturaleza del problema y los objetivos del presente trabajo de investigación corresponde a una investigación experimental, porque se analiza el efecto producido por la manipulación de las variables independientes como la temperatura de escaldado, tiempo de escaldado, concentración de ácido láctico y cloruro de calcio sobre la variable dependiente en este caso la inhibición de la polifenoloxidasas.

3.3. EVALUACIÓN DE LA CINÉTICA DE PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO

3.3.1. Materiales, equipos y reactivos

a) Materiales

Micropipeta rango 10 - 100 μ L (Hirschmann Labopette); matraces volumétricos de 100, 250 y 500 mL; pipetas graduadas de 5 y 10 mL y propipetas; mortero con pilón de porcelana; gradillas para tubos de ensayo; papel filtro Whatman N° 42; embudos de vidrio y soporte; luna de reloj y espátula; cuchillo y tabla de picar; tubos de ensayo; frasco lavador; cronómetro.



b) Equipos

Espectrofotómetro UV-Vis (Thermo Scientific GENESYS 150) y balanza analítica (Ohaus-Explorer EX124).

c) Reactivos

Fosfato de sodio dibásico anhidro Na_2HPO_4 (J.T.Baker, p.a.), ácido cítrico monohidratado $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (Scharlau, p.a), catecol $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$ (Nile Chemicals) y agua destilada.

3.3.2. Materia prima

Las variedades de papa Yana Imilla, Ccompis y Peruanita provinieron de la provincia de Huancané correspondiente a la cosecha del año 2023, las cuales fueron adquiridos de los proveedores de papa del Mercado Internacional Virgen de las Mercedes “Dominical” el distrito de Juliaca, provincia de San Román, región Puno.

3.3.3. Procedimiento experimental

La cinética de pardeamiento enzimático se basó en la metodología descrita por Soliva *et al.* (2001) y Hernández y Briceño (2009).

3.3.3.1. Preparación de soluciones catecol

Se prepararon soluciones de catecol de diferentes de concentraciones de 0.005, 0.020, 0.035 y 0.050 M para utilizarlas como sustrato (Anexo 1).



3.3.3.2. Preparación de la muestra

- a) **Selección y limpieza.** Los tubérculos se seleccionaron teniendo en cuenta su madurez, mismo tamaño, forma redonda, libres de daños y excluyendo los de color verdoso. Luego se les lavó con agua y secó con papel toalla.
- b) **Pelado.** Los tubérculos se pelaron manualmente empleando un cuchillo, luego fueron sumergidas en agua manteniéndolos en refrigeración.
- c) **Triturado.** Un trozo de papa pelada fue triturado manualmente en un mortero hasta la obtención de un puré. El pure de papa se mantuvo en hielo hasta su utilización.

3.3.3.3. Extracción de la polifenoloxidasas

Se mezclaron una porción de 5 g de puré de papa con 5 mL de una solución de buffer McIlvaine a pH 6.5. La mezcla homogeneizada se filtró con papel filtro Whatman N° 42 en un tubo de ensayo. El líquido resultante constituyó el extracto enzimático y se conservó en hielo (Miller y Yeung, 2022).

3.3.3.4. Medida de la actividad de la polifenoloxidasas

Se colocó 3 mL de la solución de catecol de concentración conocida (3.4.2.1) en la cubeta de vidrio del espectrofotómetro UV/Vis de 1 cm de ancho, luego se adicionó 75 μ L del extracto enzimático. Se homogenizó la mezcla e hicieron lecturas por triplicado de la absorbancia a 410 nm de longitud de onda cada 10 segundos durante un tiempo de 3 minutos (Soliva *et al.*, 2001).

3.3.3.5. Cálculo de la velocidad inicial (v)

La velocidad inicial (v) se calculó utilizando la expresión matemática descrita por Miller y Yeung (2022):

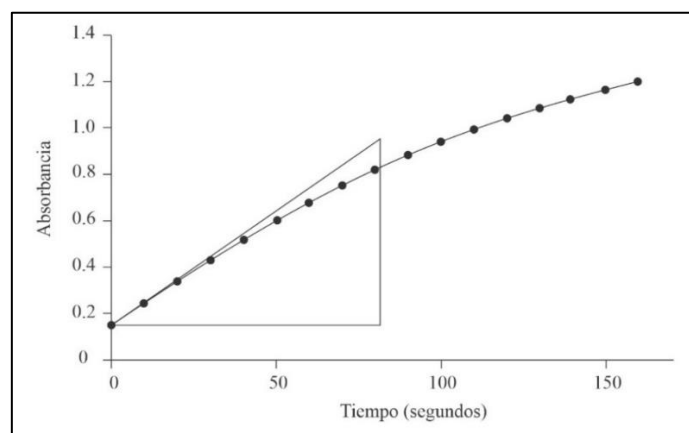
$$v = \frac{\Delta A}{\epsilon b \Delta t} \quad (22)$$

Donde $\Delta A/\Delta t$ es la pendiente de la porción lineal de la curva absorbancia versus tiempo (min^{-1}), ϵ es el coeficiente de extinción molar ($\text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$) y b longitud de la trayectoria de luz (1 cm). El coeficiente de extinción molar o absortividad del catecol a una longitud de onda de 410 nm igual a $1623 \text{ M}^{-1} \text{cm}^{-1}$ (Muñoz *et al.*, 2006).

La pendiente ($\Delta A/\Delta t$) se determinó a partir de la porción lineal de la curva de absorbancia en función del tiempo (Hernández y Briceño, 2009). Para ello, se graficaron los datos letrados de la medida de absorbancia frente al tiempo como se muestra en la Figura 17.

Figura 17

Variación de la absorbancia con el tiempo.



Fuente: Hernández y Briceño (2009).



3.3.3.6. Cálculo de la velocidad máxima de reacción enzimática ($V_{m\acute{a}x}$) y constante de Michaelis-Menten (K_m)

La velocidad máxima de reacción enzimática ($V_{m\acute{a}x}$) y la constante de Michaelis-Menten (K_m) se determinó graficando las concentraciones de sustrato [S] (catecol 0.005, 0.020, 0.035 y 0.050 M) frente a las velocidades iniciales (v) calculadas aplicando la ecuación de Lineweaver-Burk que es la forma lineal de la ecuación de Michaelis-Menten:

$$\frac{1}{v} = \frac{K_m}{V_{m\acute{a}x}} \cdot \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{m\acute{a}x}} \quad (23)$$

3.4. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS VARIABLES DE ESCALDADO SOBRE LA ACTIVIDAD DE LA ENZIMA POLIFENOLOXIDASA

3.4.1. Materiales, equipos y reactivos

a) Materiales

Vasos de precipitados de 50, 100, 250 y 500 mL; matraces volumétricos de 100, 250 y 500 mL; pipetas graduadas de 1, 5 y 10 mL y propipetas; mortero con pilón de porcelana; gradillas para tubos de ensayo; probetas de 50, 100 y 250 mL; papel filtro Whatman N° 42; embudos de vidrio y soporte; bolsas con cierre hermético; luna de reloj y espátula; cuchillo y tabla de picar; tubos de ensayo; varilla de vidrio; frasco lavador; cronómetro; pinza.

b) Equipos

Espectrofotómetro UV-Vis (Thermo Scientific GENESYS 150), balanza analítica (Ohaus-Explorer EX124) y baño maría (PolyScience WBE20).



c) **Reactivos**

Fosfato de sodio dibásico anhidro Na_2HPO_4 (J.T.Baker, p.a.), ácido cítrico monohidratado $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (Scharlau, p.a), cloruro de calcio CaCl_2 (Merck, p.a.), catecol $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$ (Nile Chemicals), ácido láctico $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ (J.T.Baker) y agua destilada.

3.4.2. Procedimiento experimental

3.4.2.1. Acondicionamiento de la muestra de papa

- a) **Selección.** Para la selección de papas de las distintas variedades, se tomó en consideración el tamaño, que no tengan daño físico y enfermedades.
- b) **Lavado y secado.** Se realizó el lavado de las papas con abundante agua para la eliminación de tierra y material adherido, luego se les secó con papel toalla.
- c) **Pelado y cortado.** Se le pelaron los tubérculos a mano y cortaron en rodajas redondas de 3 cm de diámetro aproximadamente y 0.5 cm de grosor según la metodología descrita por Liu *et al.* (2021).

3.4.2.2. Escaldado

El tratamiento por escaldado se realizó en un equipo de baño maría digital con regulador de temperatura programable. Se escaldaron 5 muestras de papa a distintas temperaturas, tiempos variables, concentración de ácido láctico y cloruro de calcio variable. La relación muestra de papa/solución fue de 1 a 4 (p/p).



3.4.2.2.1. Evaluación del efecto de la temperatura

Se escaldaron 5 g de rodajas de papa sumergiéndola en 20 mL de una solución de ácido láctico al 1.00%, cloruro de calcio al 0.30%, tiempo de 180 segundos y temperatura variable (Tabla 3).

Tabla 3

Condiciones experimentales para la evaluación de la temperatura.

N°	Temperatura (°C)	Tiempo (s)	Concentración de ácido láctico (%)	Concentración de cloruro de calcio (%)
1	40	180	1.00	0.30
2	50	180	1.00	0.30
3	60	180	1.00	0.30
4	70	180	1.00	0.30
5	80	180	1.00	0.30

3.4.2.2.2. Evaluación del efecto del tiempo

Se evaluó utilizando 5 g de rodajas de papa sumergiéndola en 20 mL de una solución de ácido láctico al 1.00% y cloruro de calcio al 0.30% a una temperatura de 60 °C y distintos tiempos (Tabla 4).

Tabla 4*Condiciones experimentales para la evaluación del tiempo.*

N°	Tiempo (s)	Temperatura (°C)	Concentración de ácido láctico (%)	Concentración de cloruro de calcio (%)
1	15	60	1.00	0.30
2	60	60	1.00	0.30
3	180	60	1.00	0.30
4	300	60	1.00	0.30
5	420	60	1.00	0.30

3.4.2.2.3. Evaluación del efecto de la concentración de ácido láctico

El efecto de la concentración de ácido láctico se evaluó en un equipo de baño maría, utilizando 5 g de rodajas de papa, seguidamente se les sumergió en 20 mL de soluciones de ácido láctico de distintas concentraciones y concentración de cloruro de calcio al 0.3%, tiempo de 180 segundos y la temperatura de 60 °C como se muestra la Tabla 5.

Tabla 5*Condiciones experimentales para la evaluación de la concentración de ácido láctico.*

N°	Concentración de ácido láctico (%)	Temperatura (°C)	Tiempo (s)	Concentración de cloruro de calcio (%)
1	0.25	60	180	0.30
2	0.50	60	180	0.30
3	1.00	60	180	0.30
4	3.00	60	180	0.30
5	5.00	60	180	0.30

3.4.2.2.4. Evaluación del efecto de la concentración de cloruro de calcio

Se evaluó empleando 5 g de rodajas de papa, las que se sumergió en 20 mL de soluciones de cloruro de calcio a distintas concentraciones, temperatura de 60 °C, tiempo de 180 segundos y concentración de ácido láctico al 1.00% según la Tabla 6.

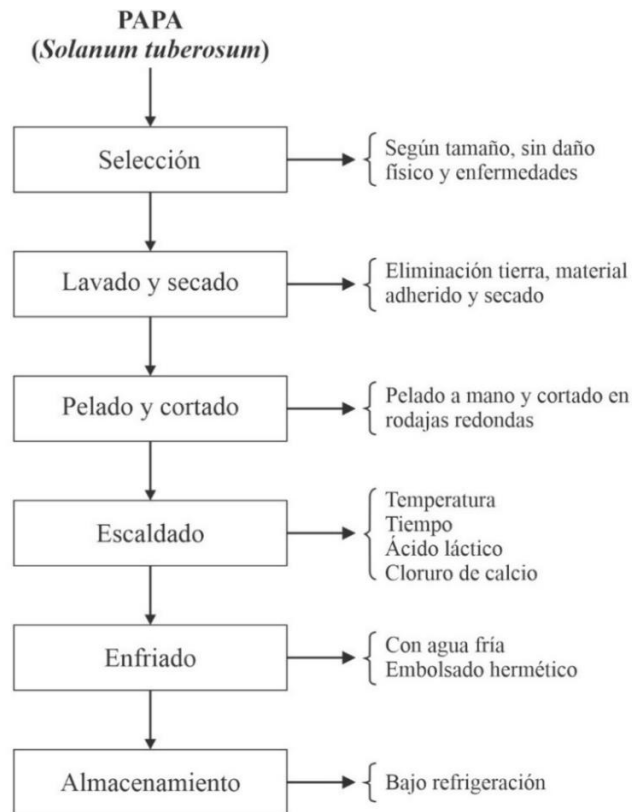
Tabla 6

Condiciones experimentales para la evaluación de la concentración de cloruro de calcio.

N°	Concentración de cloruro de calcio (%)	Temperatura (°C)	Tiempo (s)	Concentración de ácido láctico (%)
1	0.05	60	180	1.00
2	0.10	60	180	1.00
3	0.30	60	180	1.00
4	0.50	60	180	1.00
5	0.70	60	180	1.00

Figura 18

Diagrama de flujo del tratamiento por escaldado para las variedades de papa.



3.4.2.3. Enfriado

Finalizado el tratamiento de escaldado, las muestras de papa se enfriaron en agua fría, se escurrieron, secaron y embolsaron herméticamente.

3.4.2.4. Almacenamiento

El almacenamiento se realizó bajo refrigeración a 4 °C hasta su utilización para la determinación del porcentaje de inhibición de la polifenoloxidasa (PFO).



3.4.2.5. Obtención del extracto enzimático

Se trituró con un mortero, 1.2 g de la muestra de papa tratada luego se adicionó 10 mL de una solución de buffer McIlvaine a pH 6.5. Seguidamente la mezcla homogeneizada se filtró empleando papel filtro Whatman N° 42 en un tubo de ensayo. El extracto enzimático se mantuvo en hielo para su conservación hasta su utilización.

3.4.2.6. Medición de la actividad enzimática

La medición de la actividad enzimática se basó en la metodología descrita por Pizzocaro *et al.* (1993) y Gaillard y Richard-Forget (1997). Se colocó 1 mL de solución de catecol 0.175 M en la celda del espectrofotómetro UV/Vis, luego se añadió 2 mL de solución buffer McIlvaine pH 6.5 y 0.5 mL del extracto enzimático. Se homogeneizó la mezcla y realizaron las lecturas por duplicado a 420 nm en intervalos de 10 segundos durante un tiempo de 6 minutos. Las actividades enzimáticas se determinaron a partir de la pendiente de la porción lineal de la curva de absorbancia en función del tiempo. Una unidad de actividad de la polifenoloxidasasa (U) se definió como la cantidad de enzima que causa un cambio de la absorbancia de 0.001 por minuto y mililitro de extracto enzimático.

$$\text{Unidad de actividad de la PFO (U)} = \frac{\Delta A_{420 \text{ nm}}}{\Delta t \times 0.001} = \mu\text{mol} / \text{min} \quad (24)$$

Donde $\Delta A_{420 \text{ nm}}/\Delta t$ es la pendiente de la porción lineal de la curva absorbancia versus tiempo (min^{-1}). Una unidad de actividad enzimática



(U) es la cantidad de actividad que cataliza la transformación de un μmol de sustrato por minuto (Garrido, y otros, 2006):

$$\text{Unidad de actividad enzimática (U)} = \mu\text{mol}/\text{min}$$

Por consiguiente, la actividad de la polifenoloxidasasa está dado por la unidad de actividad de la enzima por mililitro de extracto enzimático.

$$\text{Actividad de la PFO (U / mL)} = \frac{U}{1 \text{ mL}} \quad (25)$$

3.5. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE INHIBICIÓN ENZIMÁTICA DE LA ENZIMA POLIFENOLOXIDASA

Los porcentajes de inhibición de la enzima polifenoloxidasasa (PFO) se calcularon a partir de los datos de actividad enzimática utilizando la ecuación reportada por Arrázola-Paternina *et al.* (2016):

$$\% \text{ Inhibición} = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100 \quad (26)$$

Donde A_0 y A son las actividades de la polifenoloxidasasa del extracto sin escaldar y en cada tratamiento respectivamente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CINÉTICA DE PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO EN LAS VARIEDADES DE PAPA

4.1.1. Actividad de la polifenoloxidasas (PFO)

La actividad de la polifenoloxidasas se realizó con los extractos crudos de las 3 variedades de papa (Yana Imilla, Ccompis y Peruanita) empleando como sustrato soluciones de catecol de distintas concentraciones (0.005, 0.020, 0.035 y 0.050 M). Se midieron los aumentos de absorbancia a 410 nm causadas por la oxidación del catecol durante 3 minutos en intervalos de 10 segundos. Los datos de las mediciones de absorbancia versus tiempo para las variedades de papa se muestran en el Anexo 2.

Las gráficas de la variación de la absorbancia con relación al tiempo para las variedades de papa se muestran en las siguientes figuras:

Figura 19

Variación de absorbancia con el tiempo para la variedad de papa Yana Imilla a distintas concentraciones de catecol.

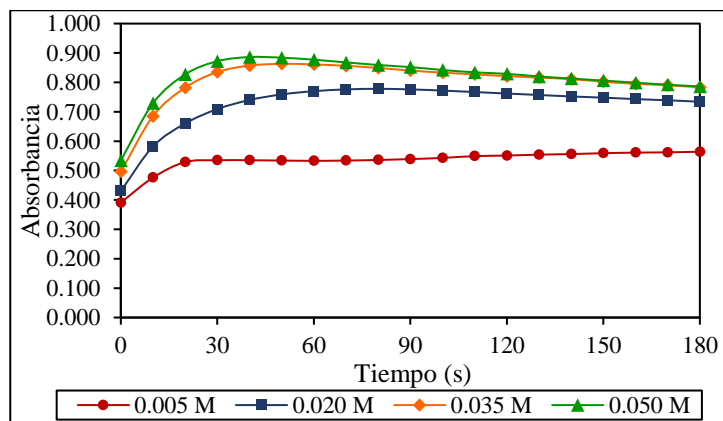


Figura 20

Variación de absorbancia con el tiempo para la variedad de Ccompis a distintas concentraciones de catecol.

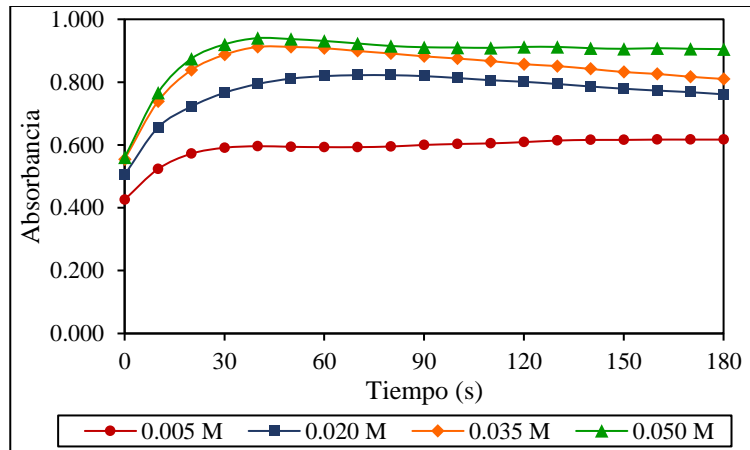
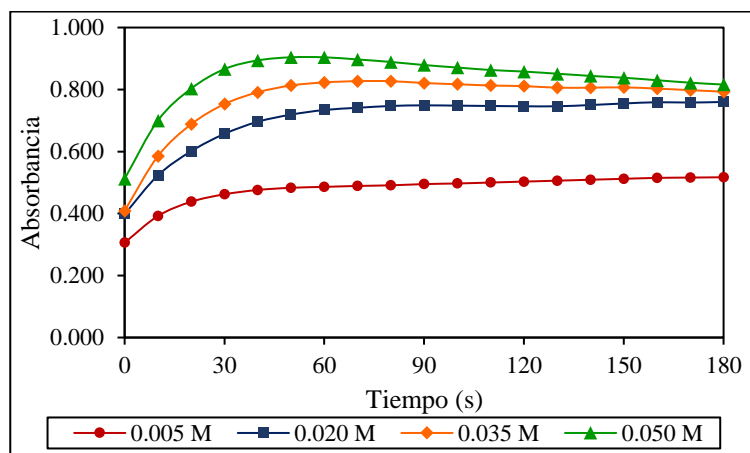


Figura 21

Variación de la absorbancia con el tiempo para la variedad de papa Peruanita a distintas concentraciones de catecol.

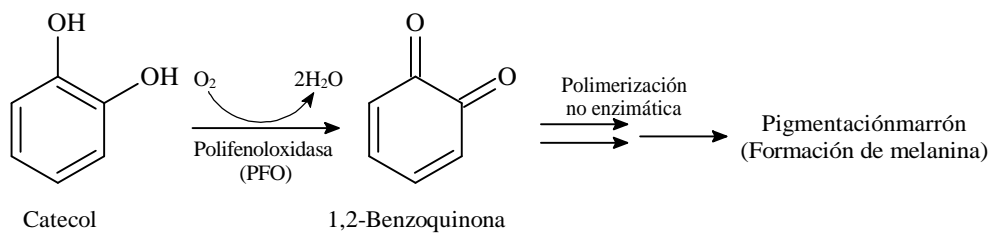


En las Figuras 19 a 21 se visualiza el aumento de la absorbancia durante un tiempo de 180 segundos para las distintas concentraciones de catecol. Así mismo, las absorbancias se incrementaron linealmente durante los primeros 30 segundos para luego mantenerse constante a partir de los 60 segundos para todos los casos. Durante la reacción de oxidación del catecol catalizada por la enzima polifenoloxidasas presentes en las variedades de papa, se observó que la mezcla de

reacción se torna de color verde amarillento, evidenciando la existencia de polifenoloxidasas y conversión del catecol en una o-quinona (1,2-Benzoquinona). La reacción del catecol con el oxígeno del aire catalizada por la polifenoloxidasas, se representa en la Figura 22 (Kuddus, 2018).

Figura 22

Reacción del catecol con el oxígeno catalizada por la polifenoloxidasas.



Fuente: Kuddus (2018).

4.1.2. Velocidad inicial (v), velocidad máxima de reacción enzimática ($V_{m\acute{a}x}$) y constante de Michaelis-Menten (K_m)

Las velocidades iniciales (v) se calcularon con la ecuación (22), las pendientes se determinaron por regresión lineal (Anexos 3, 4 y 5) de la parte lineal de las curvas de absorbancia versus tiempo (Figuras 19 a 21), la longitud de trayectoria de luz en la celda de medición fue de 1 cm y coeficiente de absortividad del catecol a una longitud de onda de 410 nm fue de $1623 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. Las velocidades iniciales se reportan en la Tabla 7.

Tabla 7

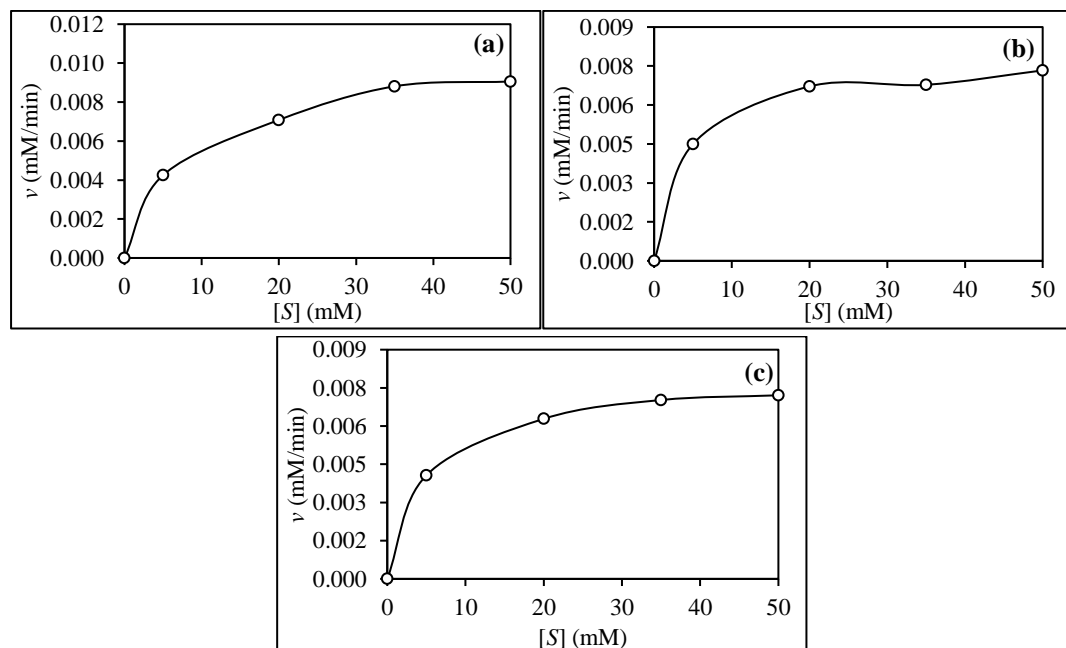
Velocidades iniciales (v) a distintas concentraciones de sustrato.

Concentración de catecol, [S] (mM)	Velocidad inicial, v (mM/min)		
	Yana Imilla	Ccompis	Peruanita
5.000	0.0043	0.0045	0.0041
20.000	0.0071	0.0067	0.0063
35.000	0.0088	0.0068	0.0070
50.000	0.0091	0.0073	0.0072

La representación gráfica de la cinética de Michaelis-Menten para las variedades de papa se muestra en la Figura 23.

Figura 23

Cinética de Michaelis-Menten para las variedades de papa: (a) Yana Imilla, (b) Ccompis y (c) Peruanita.



La velocidad máxima de reacción enzimática ($V_{\text{máx}}$) y la constante de Michaelis-Menten (K_m) se calcularon a partir de la concentración de sustrato $[S]$ y velocidad inicial (v) de la Tabla 7. Se calcularon los valores de $1/[S]$ y $1/v$ que

se reportaron en la Tabla 8 y los datos se ajustaron a la ecuación de Lineweaver-Burk (Ecuación 23).

Tabla 8

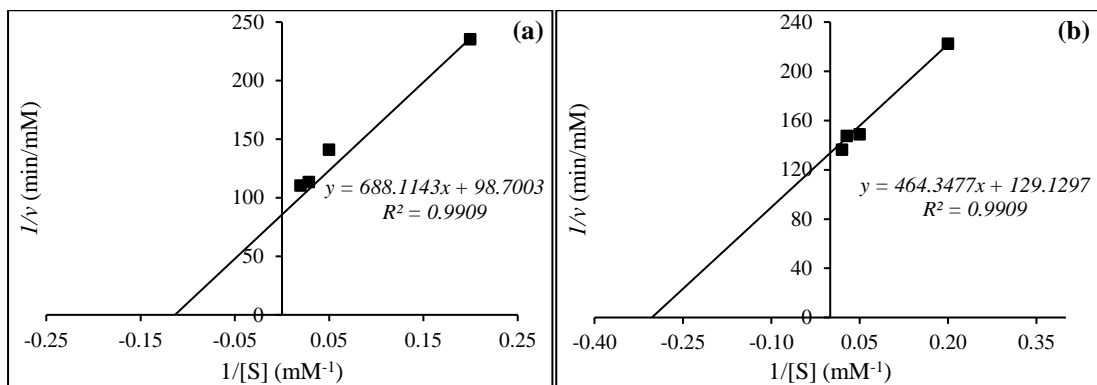
Parámetros de la ecuación de Lineweaver-Burk para las variedades de papa.

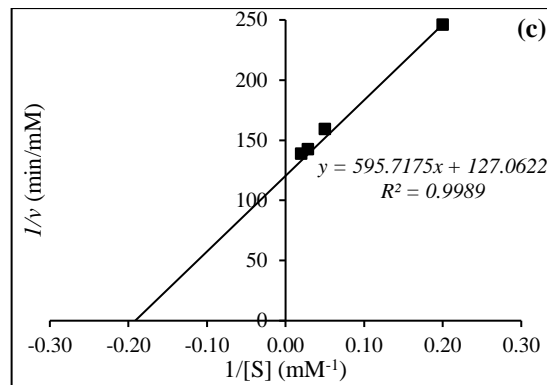
$1/[S]$ (mM ⁻¹)	I/v (min/mM)		
	<i>Yana Imilla</i>	<i>Ccompis</i>	<i>Peruanita</i>
0.200	235.2174	222.3288	245.9091
0.050	141.1304	148.8991	159.1176
0.030	113.4965	147.5455	142.3684
0.020	110.4082	136.3866	138.7179

Los gráficos de la ecuación de Lineweaver-Burk para las variedades de papa se muestran en la Figura 24.

Figura 24

Gráfica de la ecuación de Lineweaver-Burk para las variedades de papa: (a) Yana Imilla, (b) Ccompis y (c) Peruanita.





Los parámetros cinéticos obtenidos a partir de la gráfica de Lineweaver-Burk, según la Figura 24 se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9

Parámetros cinéticos de la enzima polifenoloxidasa del extracto crudo obtenidos a partir de las variedades de papa.

Variedad de papa	Parámetros			
	$I/V_{m\acute{a}x}$ (min/mM)	$K_m/V_{m\acute{a}x}$ (min)	$V_{m\acute{a}x}$ (mM/min)	K_m (mM)
Yana imilla	98.7003	688.1143	0.0101	6.9499
Ccompis	129.1297	464.3477	0.0077	3.5755
Peruanita	127.0622	595.7175	0.0079	4.7062

En la Tabla 9, se observa que la velocidad máxima de reacción enzimática ($V_{m\acute{a}x}$) y la constante de Michaelis-Menten (K_m) para la variedad de papa Yana Imilla fueron $V_{m\acute{a}x} = 0.0101$ mM/min y $K_m = 6.9499$ mM. Así mismo, para la papa Ccompis fueron $V_{m\acute{a}x} = 0.0077$ mM/min y $K_m = 3.5755$ mM. Además, para la papa Peruanita fueron $V_{m\acute{a}x} = 0.0079$ mM/min y $K_m = 4.7062$ mM.

La velocidad máxima ($V_{m\acute{a}x}$) para la variedad de papa Yana Imilla fue mayor (0.0101 mmol.L⁻¹.min⁻¹) respecto a las variedades Ccompis (0.0077 mmol.L⁻¹.min⁻¹) y Peruanita (0.0079 mmol.L⁻¹.min⁻¹). Según Goldbeter (2013), sostiene que $V_{m\acute{a}x}$ se alcanza cuando todos los sitios activos de una enzima están saturados. Además Miller y Yeung (2022), afirma que $V_{m\acute{a}x}$ indica el número de

moléculas de sustrato convertidas en producto por unidad de tiempo. Por consiguiente, hubo una mayor conversión de catecol en 1,2-Benzoquinona (Figura 23) catalizada por la polifenoloxidasas de la papa Yana Imilla seguida por la papa Peruanita y Ccompis.

En relación a la constante de Michaelis-Mente (K_m), la variedad de papa Yana Imilla presentó un valor mayor (6.9499 mM) en comparación con la papa Ccompis (3.5755 mM) y Peruanita (4.7062 mM). Goldbeter (2013) sostiene que K_m representa la concentración de sustrato en la cual el 50% de los sitios activos de la enzima están ocupados con sustrato, en estas condiciones la velocidad observada es igual a la mitad de $V_{m\acute{a}x}$. Miller y Yeung (2022) indica que el valor de K_m mide la afinidad de la enzima con el sustrato, los valores bajos indican que la enzima se une con fuerza al sustrato, saturando rápidamente el catalizador con pequeñas cantidades de sustrato.

Un K_m grande indica una unión débil y un K_m pequeño una unión fuerte (Miller y Yeung, 2022). En nuestro caso, la PFO de la papa Ccompis tuvo mayor afinidad y unión fuerte con el catecol seguido por la papa Peruanita; y en la papa Yana Imilla tuvo una menor afinidad y unión débil con el catecol. Los parámetros cinéticos de la enzima PFO del fruto de anona pulpa rosada reportados por Pardo *et al.* (2017) tuvieron valores de K_m igual a 3.64 mM.L⁻¹ y $V_{m\acute{a}x}$ igual a 0.160 mM.L⁻¹.min⁻¹. Acevedo *et al.* (2014) reportaron valores de K_m para la enzima del bagazo de caño igual a 22.8 mg.mL⁻¹ lo que indicó que tuvo poca afinidad con el sustrato. Los valores de $V_{m\acute{a}x}$ para diferentes concentraciones de enzima fueron de 0.08495, 0.1034 y 0.1176 mg.mL⁻¹.s⁻¹. Por otro lado, Mejía *et al.* (2014) obtuvieron valores de K_m igual a 1.16 ± 0.07 mM - 5.71 ± 0.14 mM y $V_{m\acute{a}x}$ igual



a $30.212 \pm 1.77 \text{ mM}\cdot\text{min}^{-1}$ - $188.679 \pm 14.26 \text{ mM}\cdot\text{min}^{-1}$ para la enzima PFO de lulo de variedad Castilla que dependieron de los estados de maduración.

4.2. EFECTO DE LAS VARIABLES DE ESCALDADO SOBRE LA ACTIVIDAD DE LA ENZIMA POLIFENOLOXIDASA (PFO)

La actividad enzimática describe la rapidez de una enzima para catalizar la reacción que convierte un determinado sustrato en producto (Timberlake, 2013). La actividad enzimática de la PFO se determinó espectrofotométricamente a una longitud de onda de 420 nm según las metodologías propuestas por Pizzocaro *et al.* (1993) y Gauillard y Richard-Forget (1997). En una celda se colocaron 1 mL de la catecol 0.175 M, 2 mL de buffer McIlvaine pH 6.5 y 0.5 mL de extracto enzimático obtenidas de las muestras de papa escaldadas. Se midieron la absorbancia durante 6 minutos en intervalos de 10 segundos. Las unidades de actividad de PFO (U) se calcularon utilizando la ecuación (24), las pendientes de la porción lineal de la curva de absorbancia versus tiempo se muestran en los Anexos 6, 7 y 8. Seguidamente las actividades de la PFO (U/mL) se determinaron empleando la ecuación (25).

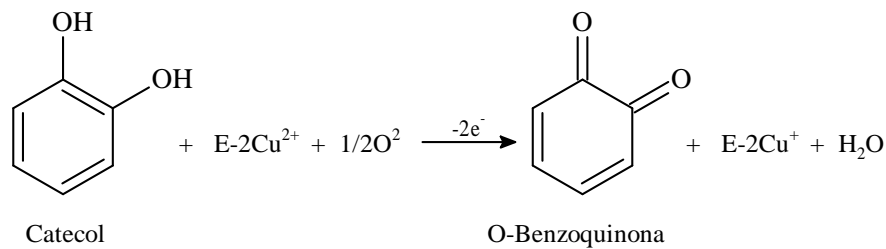
El principio del pardeamiento enzimático se basa en la oxidación de compuestos fenólicos por la enzima PFO (Eskin y Shahidi, 2013). La oxidación suele ocurrir cuando se daña el tejido vegetal, resultando en la ruptura de los plastidios, siendo el compartimiento celular donde se localiza la PFO haciendo que la enzima entre en contacto con los compuestos fenólicos liberados por la ruptura de la vacuola, el principal orgánulo de almacenamiento de estos compuestos (Caballero *et al.*, 2016).

La PFO contiene 2 átomos de cobre en su sitio activo para la catálisis de la oxidación del catecol según la Figura 25 (Kontogiorgos, 2021). La catálisis de la oxidación del catecol como en la Figura 25 (Kontogiorgos, 2021). Para la medición de la

actividad enzimática, la enzima PFO presentes en los extractos obtenidos de las distintas variedades de papa escaldadas oxidaron el catecol empleado como sustrato.

Figura 25

Reacción de oxidación del catecol catalizada por la enzima PFO.



Fuente: Eskin y Shahidi (2013).

4.2.1. Efecto de la temperatura sobre la actividad de la PFO

La temperatura de escaldado se evaluó en el intervalo de 40-80 °C. Se utilizaron 5 g de papa cortadas en rodajas las que se escaldaron a temperaturas variables en 20 mL de una solución compuesta por ácido láctico al 1.00% y cloruro de calcio al 0.30% por un tiempo de 180 segundos. En la Tabla 10 se presentan las actividades de la PFO a distintas temperaturas de escaldado calculadas con las ecuaciones (24) y (25) a partir de las pendientes reportadas en los Anexos 6, 7 y 8.

Tabla 10

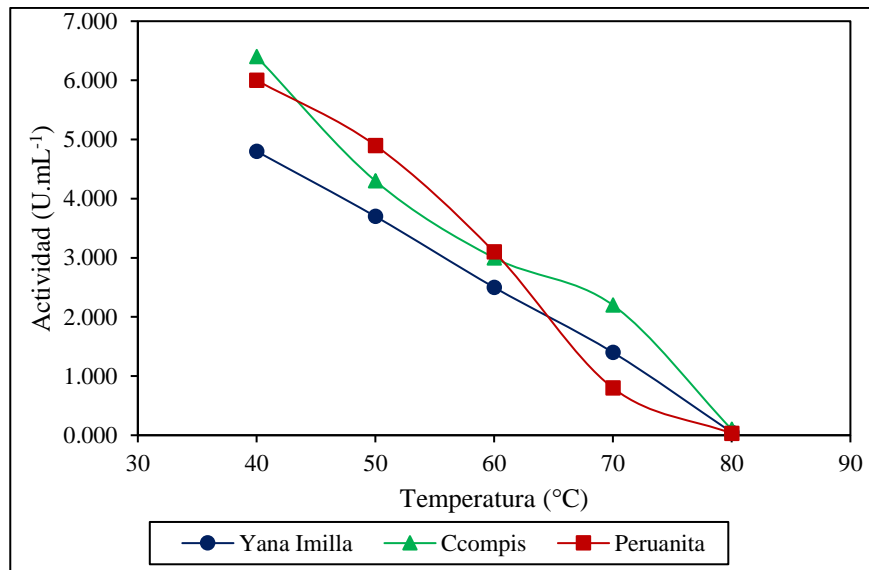
Actividades de la PFO en las variedades de papa a distintas temperaturas.

Variedad de papa	Actividad de la PFO (U.mL ⁻¹)					
	Sin escaldar	Temperatura (°C)				
		40	50	60	70	80
Yana Imilla	7.200	4.800	3.700	2.500	1.400	0.050
Ccompis	8.900	6.400	4.300	3.000	2.200	0.100
Peruanita	9.700	6.000	4.900	3.100	0.800	0.030

En la Figura 26 se muestra el gráfico de la actividad enzimática a distintas condiciones de temperatura de escaldado.

Figura 26

Reducción de la actividad de la enzima PFO a distintas temperaturas para las variedades de papa.



Según la Figura 26 las actividades de la enzima PFO a distintas temperaturas de escaldado para las variedades de papa Yana Imilla, Ccompis y Peruanita. Las actividades de la PFO variaron entre 0.05-4.80, 0.10-6.40, 0.03-6.00 U.mL⁻¹ para la variedad de papa Yana Imilla, Ccompis y Peruanita respectivamente. Las actividades de la PFO máximas y mínimas tuvieron lugar a temperaturas de 80 y 40 °C respectivamente. Se destaca que el aumento de la temperatura disminuyó la actividad de la PFO en las muestras de papa escaldadas.

El proceso de escaldado con agua caliente es uno de los métodos más utilizados por su sencillez de establecer y fácil operatividad (Tigeros *et al.*, 2021). Según Eskin y Shahidi (2013), el proceso de escaldado tiene por finalidad inactivar las enzimas para la prevención del pardeamiento enzimático, teniendo

lugar la inactivación a temperaturas entre 70-90 °C. Así mismo, Azzouzi *et al.* (2022) investigaron el uso de extractos naturales e inhibidores químicos para prevenir el pardeamiento de la PFO de las moras; reportaron que a temperaturas superiores a 65 °C se produjo una reducción de la actividad de la enzima PFO. Por consiguiente, la temperatura es un factor importante que influye en la velocidad de pardeamiento enzimático (Kuddus, 2018) y afecta la actividad de la PFO (Jukanti, 2017).

4.2.2. Efecto del tiempo sobre la actividad de la PFO

El tiempo de escaldado se evaluó en el intervalo de 15-420 segundos. Se emplearon 5 g de papa cortadas en rodajas las que fueron escaldadas a una temperatura de 60 °C con 20 mL de solución compuesta por ácido láctico al 1.00% y cloruro de calcio al 0.30% por un tiempo variable. En la Tabla 11 presentan las actividades de la PFO para los distintos tiempos calculadas con las ecuaciones (24) y (25) a partir de las pendientes reportadas en los Anexos 6, 7 y 8.

Tabla 11

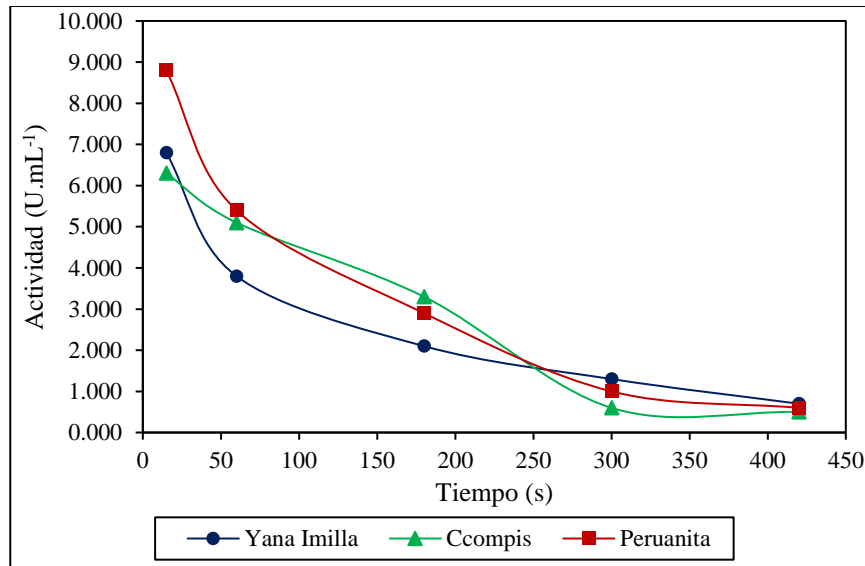
Actividades de la PFO en las variedades de papa a distintos tiempos.

Variedad de papa	Actividad de la PFO (U.mL ⁻¹)					
	Sin escaldar	Tiempo (s)				
		15	60	180	300	420
Yana Imilla	8.600	6.800	3.800	2.100	1.300	0.700
Ccompis	8.900	6.300	5.100	3.300	0.600	0.500
Peruanita	9.700	8.800	5.400	2.900	1.000	0.600

La gráfica de los datos de actividad enzimática de la PFO se presenta en la Figura 27.

Figura 27

Reducción de la actividad de la enzima PFO a distintos tiempos para las variedades de papa.



Según la Figura 27, las actividades de la enzima PFO a distintos tiempos de escaldado para las variedades de papa Yana Imilla, Ccompis y Peruanita variaron entre 0.70-6.80, 0.50-6.30, 0.60-8.80 U.mL⁻¹ respectivamente. Las actividades de la PFO máximas y mínimas tuvieron lugar para tiempos de escaldado de 15 y 420 minutos respectivamente. El incremento del tiempo redujo la actividad de la PFO en las muestras de papa escaldadas.

En investigaciones realizadas por Pizzocaro *et al.* (1993), evaluaron el efecto inhibitor del ácido ascórbico, ácido cítrico y cloruro de calcio para la inactivación de la PFO de la manzana; el tiempo de inmersión de las manzanas en las soluciones fue de 5 minutos. Mostacero y Ruiz (2014) determinaron el efecto de la variación térmica del escaldado sobre la actividad de la enzima peroxidasa de la papa; el tratamiento térmico por inmersión a distintas temperaturas por un tiempo de 1 minuto y 20 segundos.

4.2.3. Efecto de la concentración de ácido láctico sobre la actividad de la PFO

La concentración de ácido láctico se evaluó en el intervalo de 0.25-5.00%. Se utilizaron 5 g de papa cortadas en rodajas las que fueron escaldadas a una temperatura de 60 °C en 20 mL de solución compuesta por ácido láctico de concentración variable y cloruro de calcio al 0.30% por un tiempo de 180 segundos. En la Tabla 12 se muestran las actividades de la PFO para las distintas concentraciones de ácido láctico determinadas con las ecuaciones (24) y (25) a partir de las pendientes reportadas en los Anexos 6, 7 y 8.

Tabla 12

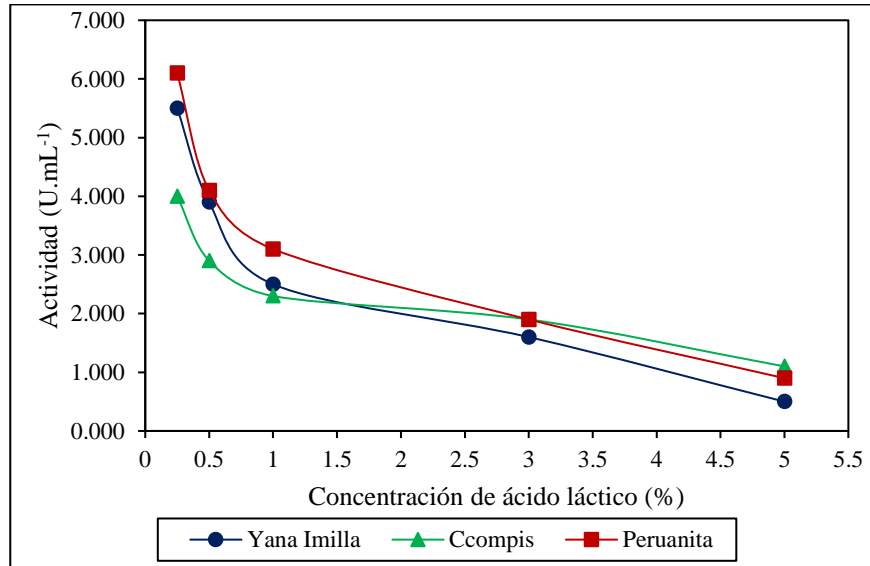
Actividades de la PFO en las variedades de papa a distintas concentraciones de ácido láctico.

Variedad de papa	Actividad de la PFO (U.mL ⁻¹)					
	Sin escaldar	Concentración de ácido láctico (%)				
		0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
Yana Imilla	5.800	5.500	3.900	2.500	1.600	0.500
Ccompis	7.300	4.000	2.900	2.300	1.900	1.100
Peruanita	8.400	6.100	4.100	3.100	1.900	0.900

En la Figura 28 se muestra el gráfico de la actividad enzimática a distintas concentraciones de ácido láctico.

Figura 28

Reducción de la actividad de la enzima PFO a distintas concentraciones de ácido láctico para las variedades de papa.



En la Figura 28, se aprecia que las actividades de la enzima PFO a distintas concentraciones de ácido láctico para las variedades de papa Yana Imilla, Ccompis y Peruanita variaron entre 0.50-5.50, 1.10-4.00, 0.90-6.10 U.mL⁻¹ respectivamente. Así mismo, las actividades de la PFO máximas y mínimas se obtuvieron a concentraciones de ácido láctico de 0.25 y 5.0% respectivamente. Además, con el aumento de la concentración de ácido en los experimentos disminuyó la actividad de la PFO de las muestras de papa escaldadas.

Artés *et al.* (1998) señala que la metodología más utilizada para evitar el pardeamiento enzimático consiste en la utilización de inhibidores químicos que interaccionan directamente sobre la enzima o sobre los sustratos. Así mismo, Kuddus (2018) sostiene que los agentes acidificantes controlan el pardeamiento reduciendo el pH del sistema, siendo el pH óptimo en el rango de 5.0-7.5 para la acción de la PFO, los valores inferiores impiden la actividad enzimática. Los

agentes acidificantes disminuyen el valor del pH por debajo de 3.0 la PFO se vuelve inactiva. Delgado y Hurtado (2019) emplearon soluciones de ácido cítrico y ácido ascórbico al 2% con las cuales consiguieron reducir la actividad de la enzima PFO en pulpa de nísperos.

4.2.4. Efecto de la concentración de cloruro de calcio sobre la actividad de la PFO

La concentración de cloruro de calcio se evaluó en el intervalo de 0.05-0.70%. Se utilizando 5 g de papa cortadas en rodajas las que se escaldaron a una temperatura de 60 °C en 20 mL de solución compuesta por ácido láctico al 1.00% y composición variable de cloruro de calcio por un tiempo de 180 segundos. En la Tabla 13 se muestran las actividades de la PFO para las distintas concentraciones de cloruro de calcio calculadas con las ecuaciones (24) y (25) a partir de las pendientes reportadas en los Anexos 6, 7 y 8.

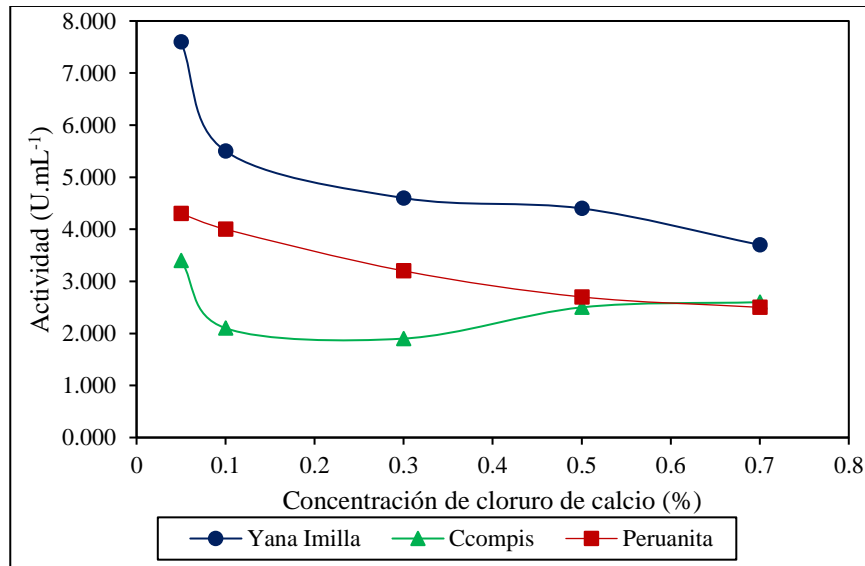
Tabla 13

Actividades de la PFO en las variedades de papa a distintas concentraciones de cloruro de calcio.

Variedad de papa	Actividad de la PFO (U.mL ⁻¹)					
	Sin escaldar	Concentración de cloruro de calcio (%)				
		0.05	0.10	0.30	0.50	0.70
Yana Imilla	11.100	7.600	5.500	4.600	4.400	3.700
Ccompis	6.800	3.400	2.100	1.900	2.500	2.600
Peruanita	8.400	4.300	4.000	3.200	2.700	2.500

Figura 29

Reducción de la actividad de la enzima PFO a distintas concentraciones de cloruro de calcio para las variedades de papa.



En la Figura 29 se muestra el gráfico de la actividad enzimática a distintas concentraciones de cloruro de calcio. Las actividades de la enzima PFO a distintas concentraciones de cloruro de calcio para las variedades de papa Yana Imilla, Ccompis y Peruanita variaron entre 3.70-7.60, 2.60-3.40, 2.50-4.30 U.mL⁻¹ respectivamente. Según estos resultados se puede destacar que la variación de las concentraciones de cloruro de calcio no tuvo un efecto significativo en la actividad de la PFO de las muestras de papa escaldadas, pero mejoró su firmeza. Según Kuddus (2018) señala que la sal de cloruro de calcio se emplea en los procesos de escaldado principalmente para proporcionar firmeza a los vegetales por fortalecimiento de sus paredes celulares.

Por otra parte, Yildiz (2019) evaluó los efectos del tratamiento con cloruro de calcio para el control del pardeamiento enzimático de la papa, en los tratamientos se consiguió reducir la pardeamiento y mejorar la calidad de los

colores de las muestras tratadas. En esta línea, Ma *et al.* (2021) investigaron la influencia del tratamiento con solución de NaCl sobre el pardeamiento de papa, los resultados mostraron que el tratamiento con esta sal mejoró la calidad visual y redujo el pardeamiento.

4.3. INHIBICIÓN DE LA ENZIMA POLIFENOLOXIDASA (PFO) EN LOS TRATAMIENTOS POR ESCALDADO

En el escaldado se inactiva las enzimas, la inactivación de la PFO se consiguió sometiendo la papa a distintas condiciones de tratamiento. Para la determinación de los porcentajes de inhibición de la enzima PFO, se realizaron empleando la Ecuación (26) a partir de los datos de actividad de la PFO del efecto de la temperatura, efecto del tiempo, efecto de la concentración de ácido láctico y efecto de la concentración de cloruro de calcio reportadas en las tablas 10, 11, 12 y 13.

4.3.1. Inhibición de la PFO a diferentes temperaturas

En la Tabla 14 se presentan los porcentajes de inhibición de la enzima PFO a distintas temperaturas de escaldado para las variedades de papa.

Tabla 14

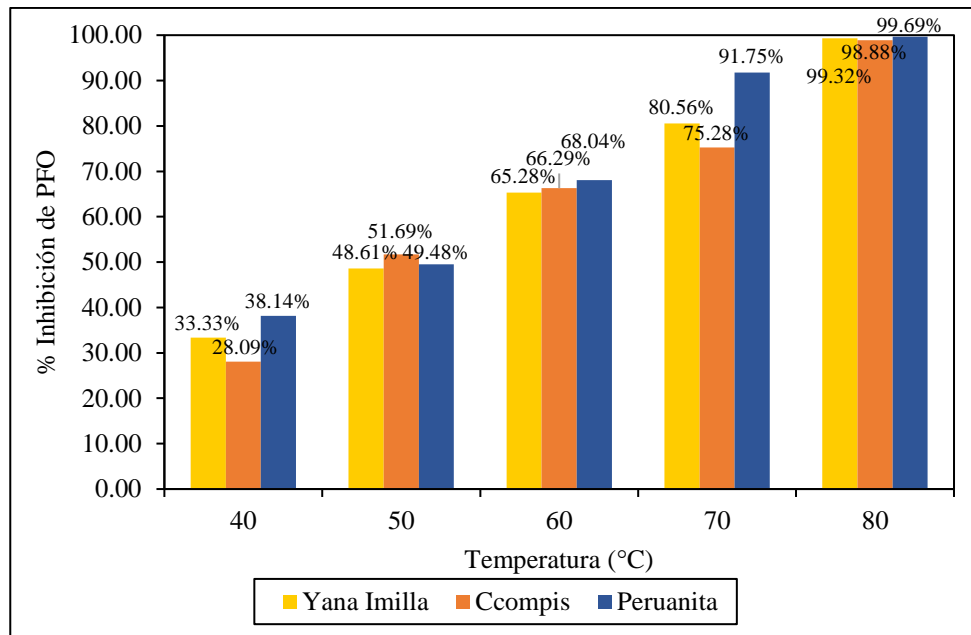
Porcentajes de inhibición de la enzima PFO a distintas temperaturas para las variedades de papa.

N°	Temperatura (°C)	% Inhibición de PFO		
		Variedad de papa		
		Yana Imilla	Ccompis	Peruanita
1	40	33.33	28.09	38.14
2	50	48.61	51.69	49.48
3	60	65.28	66.29	68.04
4	70	80.56	75.28	91.75
5	80	99.32	98.88	99.69

En la Figura 30 se presentan los porcentajes de inhibición de la enzima PFO a distintas temperaturas de escaldado.

Figura 30

Efecto de la temperatura en la inhibición de la enzima PFO para las variedades de papa.



En la Figura 30 se visualiza que los porcentajes de inhibición de la enzima PFO para las variedades de papa Yana Imilla, Ccompis y Peruanita variaron en el intervalo de 33.33-99.32%, 28.09-98.88% y 38.14-99.69% respectivamente; los altos porcentajes de inhibición se obtuvieron a una temperatura de 80 °C. Estos resultados aumentaron con el incremento de la temperatura y también indican que existen diferencias significativas en los tratamientos. Según Kuddus (2018), una breve exposición a estas temperaturas es suficiente para la inactivación parcial o total de las enzimas; pero el escaldado puede ser desventajoso debido a la pérdida de vitaminas, sabor, color, textura, carbohidratos y demás componentes solubles en agua (Kuddus, 2018).



Mendoza y Herrera (2012), determinaron la cinética de la enzima peroxidasa de la papa criolla a temperaturas de 80 y 90 °C. Por otro lado, Arrázola *et al.* (2016) evaluaron el escaldado de 2 variedades de camote blando y coloreado a distintas temperaturas con soluciones de ácido cítrico y ácido ascórbico para la inactivación de la PFO, sus actividades se redujeron en un 86.80 y 86.17% para el camote colorado y blando respectivamente a una temperatura de escaldado de 85 °C.

Vega *et al.* (2020) inhibieron la enzima PFO de la palta utilizando cáscara de cebolla a temperaturas de de tratamiento de 100 y 115 °C. En esa misma línea, Burga *et al.* (2022) determinaron la eficiencia de 2 métodos de inactivación de PFO en rodajas de yacón; reportando que el escaldado a 75 °C y tiempo de 5 minutos presentó una eficiencia de inhibición del 75.85% de la enzima PFO. Por consiguiente, las condiciones de temperatura y los porcentajes de inhibición de la enzima PFO fueron similares a los que se obtuvieron en los tratamientos realizados.

4.3.2. Inhibición de la PFO a diferentes tiempos

En la Tabla 15 presentan los porcentajes de inhibición de la enzima PFO a distintos tiempos de escaldado para las variedades de papa. Según la Figura 31, los porcentajes de inhibición de la enzima PFO para las variedades de papa Yana Imilla, Ccompis y Peruanita comprendidas en el rango de 20.93-91.86%, 29.21-94.38% y 9.28-93.81% respectivamente y los altos porcentajes de inhibición se obtuvieron a un tiempo de escaldado de 420 segundos. Así mismo, se destaca que los resultados aumentaron con el incremento del tiempo de escaldado, existiendo diferencias significativas en los tratamientos realizados.

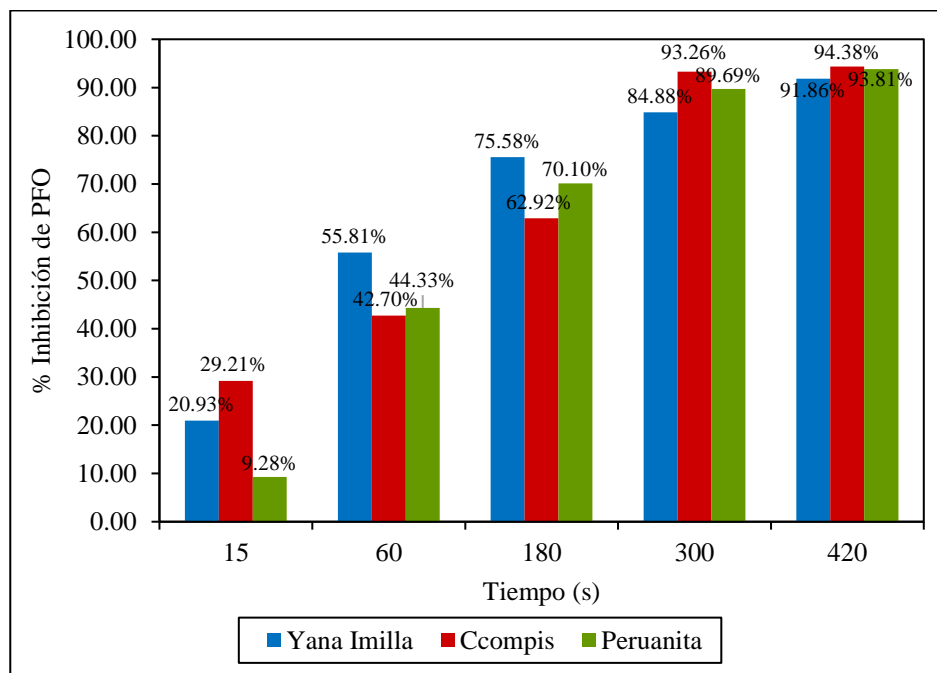
Tabla 15

Porcentajes de inhibición de la enzima PFO a distintos tiempos para las variedades de papa.

N°	Tiempo (s)	% Inhibición de PFO		
		Variedad de papa		
		Yana Imilla	Ccompis	Peruanita
1	15	20.93	29.21	9.28
2	60	55.81	42.70	44.33
3	180	75.58	62.92	70.10
4	300	84.88	93.26	89.69
5	420	91.86	94.38	93.81

Figura 31

Efecto del tiempo en la inhibición de la enzima PFO para las variedades de papa.



Meza *et al.* (2007) evaluaron el efecto del jugo de piña para la inhibición del oscurecimiento enzimático de la manzana; los tratamientos consistieron en la inmersión de anillos de manzana en soluciones por un tiempo de 3 minutos.



Igualmente, Mamani (2018) utilizó ajo deshidratado para la inhibición del pardeamiento enzimático de la palta, los tiempos de inmersión empleados fueron de 1 y 2 minutos.

En esa misma línea, Horna y Saldaña (2019) emplearon distintos tiempos de escaldado para la inhibición de la enzima PFO de un 92.02% a los 4 minutos de tratamiento. Agregando a lo anterior, Burga *et al.* (2022) realizaron el tratamiento por escaldado de rodajas de yacón para la inactivación de PFO empleando tiempos de escaldado de 5, 10 y 15 minutos; logrando una inhibición del 75.85% de la enzima PFO a los 5 minutos de tratamiento. Finalmente, los tiempos empleados en estas investigaciones se asemejan a los empleados en nuestros experimentos. Es importante destacar que si se realiza el escaldado por un tiempo prolongado, ocasiona una pérdida considerable de nutrientes como los carbohidratos, proteínas, minerales solubles en agua, vitaminas y azúcares (Tigreros *et al.*, 2021).

4.3.3. Inhibición de la PFO a diferentes concentraciones de ácido láctico

En la Tabla 16 se muestran los porcentajes de inhibición de la enzima PFO a distintas concentraciones de ácido láctico para las variedades de papa.

Tabla 16

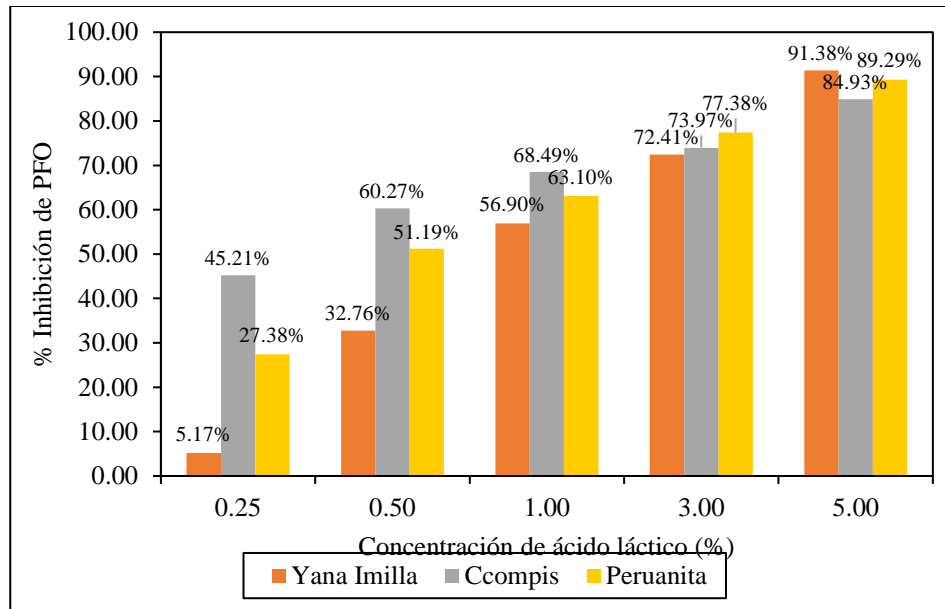
Porcentajes de inhibición de la enzima PFO a distintas concentraciones de ácido láctico para las variedades de papa.

N°	Concentración de ácido láctico (%)	% Inhibición de PFO		
		Variedad de papa		
		Yana Imilla	Ccompis	Peruanita
1	0.25	5.17	45.21	27.38
2	0.50	32.76	60.27	51.19
3	1.00	56.90	68.49	63.10
4	3.00	72.41	73.97	77.38
5	5.00	91.38	84.93	89.29

En la Figura 32 se presentan los porcentajes de inhibición de la enzima PFO para las variedades de papa Yana Imilla, Ccompis y Peruanita en el intervalo de 5.17-91.38%, 45.21-84.93% y 27.38-89.29% respectivamente y los altos porcentajes de inhibición de la enzima se alcanzaron a una concentración de ácido láctico al 5%. Estos resultados se incrementaron con el aumento de la concentración de ácido láctico, mostrando diferencias en los tratamientos.

Figura 32

Efecto de la concentración de ácido láctico en la inhibición de la enzima PFO para las variedades de papa.



En la investigación realizada por Barreiro y Vera (2017) reportaron que el ácido ascórbico al 1.2% evitó el pardeamiento enzimático de la pulpa de pitahaya. Así mismo, Uscanga-Sosa *et al.* (2019) emplearon soluciones de ácido ascórbico al 1% y ascorbato de calcio al 1 y 2%, los cuales controlaron efectivamente el pardeamiento de la berenjena. Igualmente, Burga *et al.* (2022) utilizaron soluciones de ácido cítrico al 0.3, 0.5 y 0.7% consiguiendo inhibir la enzima PFO en un 75.85% en rodajas de yacón. Por consiguiente, según nuestros resultados obtenidos; el ácido láctico resultó ser eficaz para la inhibición de la PFO de las variedades de papa.

4.3.4. Inhibición de la PFO a diferentes concentraciones de cloruro de calcio

En la Tabla 17 se muestran los porcentajes de inhibición de la enzima PFO a distintas concentraciones de cloruro de calcio para las variedades de papa. Así mismo, en la Figura 33 se reportan los porcentajes de inhibición de la enzima PFO

para las variedades de papa. Para la variedad Yana Imilla los porcentajes de inhibición estuvieron en el rango de 31.53-66.67% y se obtuvieron altos porcentajes de inhibición a una concentración de cloruro de calcio del 0.70%.

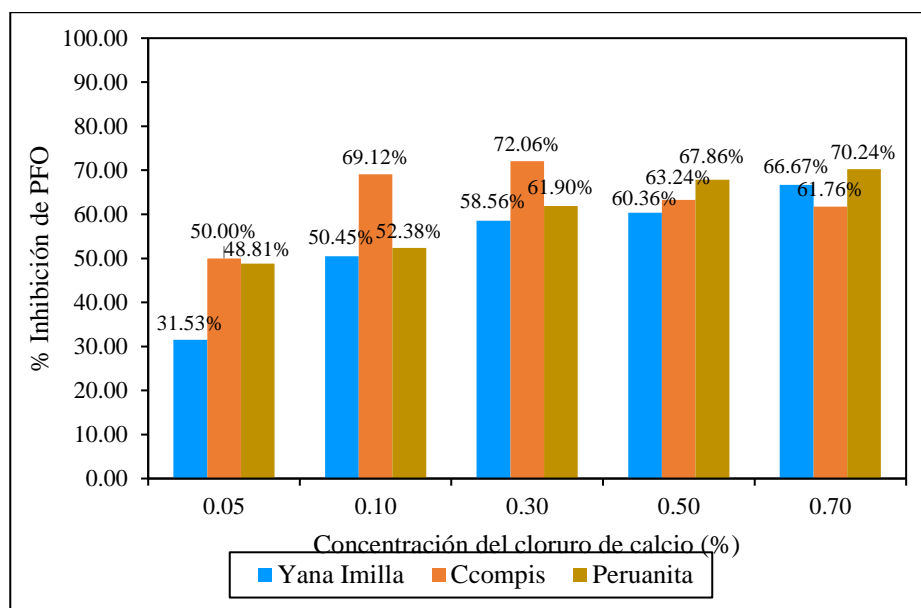
Tabla 17

Porcentajes de inhibición de la enzima PFO a distintas concentraciones de cloruro de calcio para las variedades de papa.

N°	Concentración de cloruro de calcio (%)	% Inhibición de PFO		
		Variedad de papa		
		Yana Imilla	Ccompis	Peruanita
1	0.05	31.53	50.00	48.81
2	0.10	50.45	69.12	52.38
3	0.30	58.56	72.06	61.90
4	0.50	60.36	63.24	67.86
5	0.70	66.67	61.76	70.24

Figura 33

Efecto de la concentración de cloruro de calcio en la inhibición de la enzima PFO para las variedades de papa.





Además, para la variedad Ccompis los porcentajes de inhibición estuvieron en el rango de 50.00-72.06% y los altos porcentajes de inhibición se lograron a una concentración de cloruro de calcio de 0.30%. Para la variedad de papa Peruanita los porcentajes de inhibición estuvieron en el rango de 48.81-70.24% y los altos porcentajes de inhibición se consiguieron a una concentración de ácido láctico del 0.70%. Según los resultados existen diferencias significativas en los tratamientos realizados.

Artés *et al.*, (1998) señala que la aplicación exclusiva de los tratamientos físicos generalmente no alarga adecuadamente la vida de las frutas y verduras procesadas. La combinación de tratamientos físicos y químicos frecuentemente suele ser necesaria para mantener la calidad y evitar el pardeamiento enzimático y brindar la firmeza de los productos procesado. Por otro lado, la sal cloruro de calcio empleada en nuestros experimentos tuvo un efecto inhibitor de la enzima PFO y proporcionó firmeza en las muestras tratadas de papa. En definitiva, las sales de calcio se utilizan principalmente para el fortalecimiento de las paredes celulares (Kuddus, 2018). Esto evita la destrucción de los compartimientos celulares y también el contacto de polifenoloxidasa con los polifenoles de la vacuola, brindando de esta manera firmeza a la fruta o verdura (Ioannou y Ghoul, 2013).



V. CONCLUSIONES

- La enzima polifenoloxidasa de las variedades de papa cumple con la cinética de Michaelis-Menten, ya que presentaron relaciones hiperbólicas con el incremento de la concentración de catecol utilizada como sustrato. Además, los parámetros cinéticos como la velocidad máxima de reacción enzimática ($V_{m\acute{a}x}$) y la constante de Michaelis-Menten (K_m) para las variedades de papa Yana Imilla, Ccopis, Peruanita fueron 0.0101 mM/min y 6.9499 mM, 0.0077 mM/min y 3.5755 mM; y 0.0079 mM/min y 4.7062 mM respectivamente. Los resultados de K_m indican que la enzima tiene afinidad con el sustrato.
- Las actividades de la enzima polifenoloxidasa en las muestras de papa escaldadas disminuyeron con el incremento de la temperatura, tiempo, concentración de ácido láctico y cloruro de calcio. A una temperatura de 80 °C se obtuvieron actividades de 0.05, 0.10 y 0.03 U.mL⁻¹ para la papa Yana Imilla, Ccompis y Peruanita respectivamente. Para un tiempo de 420 segundos las actividades fueron 0.70, 0.50 y 0.60 U.mL⁻¹ para la papa Yana Imilla, Ccompis y Peruanita respectivamente. A una concentración de ácido láctico del 5% las actividades fueron de 0.50, 1.10 y 0.90 U.mL⁻¹. Para una concentración de cloruro de calcio del 0.70% las actividades obtenidas fueron de 3.70 y 2.50 U.mL⁻¹ para la papa Yana Imilla y Peruanita, la actividad de la papa Ccompis fue 1.90 U.mL⁻¹ a una concentración de cloruro de calcio del 0.30%.
- Los porcentajes de inhibición de la enzima polifenoloxidasa se incrementaron con aumento de la temperatura, el tiempo y la concentración de ácido láctico; los máximos niveles de inhibición fueron a una temperatura de 80 °C para la papa peruanita (99.69%), tiempo de escaldo de 420 segundos para la papa Ccompis



(94.81%) y una solución del ácido láctico del 5% para la papa Yana Imilla (91.38%) para la Yana Imilla. Por otro lado, el aumento de la concentración de la solución de cloruro de calcio no incremento los niveles de inhibición de la enzima, la máxima inhibición se llevó a cabo a una concentración del 0.30% para la papa Ccompis (72.06%).



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios sobre la evaluación del efecto del pH en procesos de escaldado de tubérculos para la inhibición de la enzima polifenoloxidasas.
- Evaluar la cinética de reacción de pardeamiento catalizada por la enzima peroxidasa de la papa empleando distintos sustratos.
- Evaluar el tratamiento por escaldado de otras variedades de papa para la inhibición de la enzima polifenoloxidasas y peroxidasa.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, D., Granados, C., & Guerrero, E. (2014). Cinética Enzimática del Bagazo de caña para la producción de glucosa utilizando la enzima *Trichoderma longibrachiatum*. *Información Tecnológica*, 25(5), 65-72.
- Akyol, H., Riciputi, Y., Capanoglu, E., Caboni, M., & Verardo, V. (2016). Phenolic compounds in the potato and its byproducts: An overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(835), 1-19.
- Arrázola-Paternina, G., Alvis-Bermúdez, A., & García-Mogollón, C. (2016). Efecto del tratamiento de escaldado sobre la actividad enzimática de la polifenoloxidasas en dos variedades de batata (*Ipomoea batatas* Lam.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(1), 80-88.
- Artés, F., Castañer, M., & Gil, M. (1998). Revisión: El pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas mínimamente procesadas. *Food Science and Technology International*, 4(6), 377-389.
- Astiasarán, I., & Martínez, A. (2003). *Alimentos: Composición y propiedades* (Segunda reimpresión ed.). Madrid, España: Editorial McGraw-Hill.
- Azzouzi, N., Bouchaib, A., Britel, M., & Maurady, A. (2022). Characterization of polyphenol oxidase (PPO) from blackberry thorny wild *rubus fruticosus* and its inhibition using natural extracts. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 10(3), 1205-1221.
- Badui, S. (2012). *La ciencia de los alimentos en la práctica* (Primera edición ed.). México: Pearson Educación.
- Badui, S. (2013). *Química de los alimentos* (Cuarta ed.). México: Pearson Educación.



- Barreiro, M. L., & Vera, L. A. (2017). *Efecto del ácido ascórbico en el pardeamiento enzimático de la pulpa de pitahaya (Hylocereus undatus) almacenada a diferentes temperaturas de congelación*. [Tesis para optar el Título de Ingeniera Agroindustrial, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López].
- Belitz, H., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry* (4th edición ed.). Berlin, Germany: Springer.
- Bello, J. (2000). *Ciencia bromatológica: Principios generales de los alimentos*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
- Burga, K., Castro, P., & Chuquizuta, T. (2022). Eficiencia de dos métodos comparativos de inactivación de la enzima polifenol oxidasa en rodajas de *Smallanthus sonchifolius*. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 5(1), 12-56.
- Caballero, B., Finglas, P., & Toldrá, F. (2016). *Encyclopedia of food and health* (First ed., Vol. 1). United Kingdom: Academic Press.
- Cabrera, H., & Escobal, F. (2002). *Cultivo de la papa en la región Cajamarca* (Segunda Reimpresión ed.). Lima, Perú: Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA).
- Delgado, R., & Hurtado, G. (2019). *Efecto del ácido cítrico y ascórbico para reducir la actividad de la polifenoloxidasa en pulpa de níspero (Eriobotrya japonica)*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
- Díaz, R. (2009). *Conservación de los Alimentos*. La Habana, Cuba: Editorial Félix Varela.
- Egúsqüiza, R. (2000). *La Papa: Producción, transformación y comercialización*. Lima, Perú: Librería Técnica Agropecuaria Distribuidora.



- Eskin, M., & Shahidi, F. (2013). *Biochemistry of Foods* (Third ed.). United States of America: Academic Press.
- Faure, E., Falentin-Daudré, C., Jérôme, C., Lyskawa, J., Fournier, D., Woisel, P., & Detrembleur, C. (2013). Catechol as versatile platforms in polymer chemistry. *Progress in Polymer Science*(38), 236-270.
- Feduchi, E., Blasco, I., Romero, C., & Yáñez, E. (2010). *Bioquímica - Conceptos esenciales* (Primera ed.). Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- García, L. M., & Capezio, S. B. (2019). Utilización de antioxidantes en papa (*Solanum tuberosum*) mínimamente procesada. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 23(2), 28-38.
- Garrido, A., Teijón, J., Blanco, D., Villaverde, C., Mendoza, C., & Ramírez, J. (2006). *Fundamentos de bioquímica estructural* (Segunda ed.). Madrid, España: Editorial Tébar.
- Gauillard, F., & Richard-Forget, F. (1997). Polyphenoloxidases from Williams Pear (*Pyrus communis* L, cv Williams): Activation, purification and some properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74, 49-56.
- Goldbeter, A. (2013). Oscillatory enzyme reactions and Michaelis-Menten kinetics. *FEBS Letters*(584), 2778-2784.
- Hernández, E., & Briceño, L. (2009). Evaluación del pardeamiento enzimático durante el almacenamiento en congelación del puré de palta (*Persea americana* Mill) Var. Hass. *Anales Científicos*, 70(4), 24-35.
- Herrera, E., Del Pilar, M., Roca, P., & Viana, M. (2014). *Bioquímica básica*. Barcelona, España: Elsevier.



- Horna, M. J., & Saldaña, J. M. (2019). *Optimización del tiempo de escaldado y grado de madurez para la inactivación de la enzima polifenol oxidasa PPO del banano (Musa paradisiaca) variedad cavendish en rodajas para exportación* . [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniera de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
- Ioannou, I., & Ghoul, M. (2013). Prevention of enzymatic browning in fruit and vegetables. *European Scientific Journal*, 3(30), 310-341.
- Jukanti, A. (2017). *Polyphenol Oxidases (PPOs) in plants*. Singapore: Springer.
- Kontogiorgos, V. (2021). *Introduction to food chemistry*. Switzerland : Springer Nature.
- Kuddus, M. (2018). *Enzymes in food technology: Improvements and innovations* (First ed.). Singapore: Springer.
- Liu, R., Yu, Z.-L., Sun, Y.-L., & Zhou, S.-M. (2021). The enzymatic browning reaction inhibition effect of strong acidic electrolyzed water on different parts of sweet potato slices. *Food Bioscience*(43), 1-6.
- Ma, Y., Wang, H., Yan, H., Malik, A., & Dong, T. (2021). Pre-cut NaCl solution treatment effectively inhibited the browning of fresh-cut potato by influencing polyphenol oxidase activity and several free amino acids contents. *Postharvest Biology and Technology*(178), 1-9.
- Mamani, Y. M. (2018). *Efecto de la capacidad antioxidante del ajo deshidratado sobre el pardeamiento enzimático de la palta fuerte y hass (Persea americana mill.)*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional de Moquegua].



- Mejía-Doria, C., Gaviria-Arias, D., Bru-Martínez, R., Rengifo-Ramos, L., Alegría-Soto, Á., & Aguilar-Fernández, E. (2014). Caracterización cinética de la enzima polifenol oxidasa en seis estadios de maduración en lulo (*Solanum quitoense* Lam.) var. Castilla. *Actualidades Biológicas*, 36(101), 107-117.
- Melo, V., & Cuamatzi, O. (2019). *Bioquímica de los procesos metabólicos* (Tercera ed.). Barcelona, España: Editorial Reverté.
- Mendoza, R., & Herrera, A. (2012). Cinética de inactivación de la enzima peroxidasa, color y textura de la papa criolla (*Solanum tuberosum* Grupo phureja) sometida a tres condiciones de escaldado. *Información Tecnológica*, 23(4), 73-82.
- Meza, J., Lozano, P., Esparza, J., & Meza, F. (2007). Inhibición del oscurecimiento enzimático y cambios textuales en manzana goldel delicious tratada con jugo de piña. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 6(1), 1-7.
- Miller, D., & Yeung, C. (2022). *Food chemistry: A laboratory manual* (Second edition ed.). Hoboken, United States of America: Wiley.
- Mostacero, G., & Ruiz, M. (2014). Efecto de la variación térmica del escaldado sobre la actividad de la peroxidasa en tubérculos de *Solanum tuberosum*. *Sagasteguiana*, 2(2), 105-112.
- Muñoz, J., García, F., Varón, R., Rodríguez, J., García, F., & Tudela, J. (2006). Calculating molar absorptivities for quinones: Application to the measurement of tyrosinase activity. *Analytical Biochemistry*(351), 128-138.
- Pardo-Valencia, G., Méndez-Martínez, S., González-Rosales, S., & Solano-Melara, N. (2017). Evaluación del efecto del ácido ascórbico como inhibidor de pardeamiento



- enzimático en el fruto de anona pulpa rosada (*Annona diversifolia*) y en la cinética de la polifenoloxidasas. *Revista Agrociencia*, 1(2), 20-31.
- Pizzocaro, F., Torreggiani, D., & Gilardi, G. (1993). Inhibition of apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. *Journal of Food Processing and Preservation*, 17, 21-30.
- Ponce, F. E. (2022). *Influencia de la capacidad antioxidante de ajos (*Allium sativum*) como pre-tratamiento para inhibir el pardeamiento enzimático de papa (*Solanum tuberosum*) picada*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional Hermilio Valdizán].
- Pumisacho, M., & Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador* (Primera ed.). Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
- Raigond, P., Singh, B., Dutt, S., & Chakrabarti, S. (2020). *Potato: Nutrition and food security*. Singapore: Springer.
- Rappoport, Z. (2003). *The chemistry of phenols* (First ed., Vol. Part 2). England: Wiley-Interscience.
- Severini, C., Baiano, A., De Pili, T., Romaniello, R., & Derossi, A. (2003). Prevention of enzymatic browning in sliced potatoes by blanching in boiling saline solutions. *LWT - Food Science and Technology*, 36(7), 657-665.
- Silveira, A. (2017). Uso de aditivos y métodos físicos para mantener la calidad de los productos de IV gama o mínimamente procesadas. *Agrociencia Uruguay*, 211, 1-6.
- Singh, J., & Kaur, L. (2016). *Advances in potato chemistry and technology* (Second edition ed.). London, United Kingdom: Academic Press.



- Soliva, R., Elez, P., Sebastián, M., & Martín, O. (2001). Evaluation of browning effect on avocado purée preserved by combined methods. *Innovative Food Science & Emergning Technologies*, 1, 261-268.
- Teijón, J. M. (2009). *Bioquímica estructural - Conceptos y tests* (Segunda ed.). Madrid, España: Editorial Tébar.
- Tigres, J., Parra, S., Jader, M., & Ordoñez, L. (2021). Diferentes métodos de escaldado y su aplicación en frutas y verduras. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 8(1), 50-63.
- Timberlake, K. (2013). *Química general, orgánica y biológica. Estructuras de la vida* (Cuarta ed.). México: Editorial Pearson.
- Uscanga-Sosa, D., Pérez-Gago, M., Hernández-Cázares, A., Herrera-Corredor, J., Gómez-Merino, F., & Contreras-Oliva, A. (2019). Efecto de antioxidantes y pH en la calidad y actividad de la polifenol oxidasa de berenjena (*Solanum melongena* L.) mínimamente procesada. *Agrociencia*, 53(2), 175-189.
- Vega, N., Salazar, S., Bautista, L., & Muñoz, G. (2020). Evaluación del efecto inhibitor de la enzima polifenol oxidasa en una salsa de aguacate (*Persea americana*). *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 58-62.
- Velisek, J. (2014). *The chemistry of food* (First ed.). United Kingdom: Wiley-Blackwell.
- Yildiz, G. (2019). Control of enzymatic Browning in potato with calcium chloride and ascorbic acid coatings. *Food and Health*, 5(2), 121-127.



Zeece, M. (2020). *Introduction to the chemistry of food*. London, United Kingdom:
Academic Press.



ANEXOS



ANEXO 1. Preparación de soluciones

Solución de catecol 0.005 M. Disolver 0.0562 g de catecol ($C_6H_6O_2$) en 100 mL de agua destilada.

Solución de catecol 0.020 M. Disolver 0.2247 g de catecol ($C_6H_6O_2$) en 100 mL de agua destilada.

Solución de catecol 0.035 M. Disolver 0.3933 g de catecol ($C_6H_6O_2$) en 100 mL de agua destilada.

Solución de catecol 0.050 M. Disolver 0.5618 g de catecol ($C_6H_6O_2$) en 100 mL de agua destilada.

Solución de catecol 0.175 M. Disolver 9.8313 g de catecol ($C_6H_6O_2$) en 500 mL de agua destilada.

Buffer McIlvaine pH 6.5. Disolver 3.0465 g de ácido cítrico ($C_6H_8O_7 \cdot H_2O$) y 10.0820 g de fosfato de sodio dibásico anhidro (Na_2HPO_4) en 500 mL de agua destilada.



ANEXO 2. Datos de medida de absorbancia en función tiempo para las variedades de papa

Tabla 18

Medidas de absorbancia para la variedad de la papa Yana Imilla.

Tiempo (s)	Absorbancia			
	Concentraciones de catecol (M)			
	0.005	0.020	0.035	0.050
0	0.391	0.430	0.496	0.534
10	0.476	0.582	0.685	0.729
20	0.529	0.660	0.782	0.827
30	0.535	0.709	0.835	0.872
40	0.535	0.740	0.857	0.886
50	0.534	0.759	0.863	0.884
60	0.533	0.770	0.861	0.877
70	0.534	0.776	0.856	0.868
80	0.536	0.778	0.849	0.859
90	0.539	0.776	0.840	0.852
100	0.543	0.772	0.833	0.842
110	0.549	0.767	0.827	0.834
120	0.551	0.762	0.821	0.829
130	0.554	0.757	0.816	0.820
140	0.556	0.752	0.811	0.813
150	0.559	0.748	0.802	0.806
160	0.561	0.743	0.795	0.799
170	0.562	0.739	0.790	0.792
180	0.564	0.734	0.783	0.786



Tabla 19

Medidas de absorbancia para la variedad de la papa Ccompis.

Tiempo (s)	Absorbancia			
	Concentraciones de catecol (M)			
	0.005	0.020	0.035	0.050
0	0.426	0.505	0.554	0.560
10	0.523	0.655	0.738	0.766
20	0.572	0.722	0.838	0.874
30	0.591	0.766	0.887	0.920
40	0.596	0.794	0.912	0.940
50	0.594	0.811	0.912	0.937
60	0.593	0.819	0.908	0.931
70	0.593	0.822	0.899	0.923
80	0.595	0.822	0.891	0.915
90	0.600	0.819	0.882	0.911
100	0.603	0.813	0.875	0.910
110	0.605	0.806	0.867	0.909
120	0.609	0.801	0.857	0.912
130	0.614	0.794	0.851	0.912
140	0.616	0.786	0.842	0.908
150	0.616	0.779	0.832	0.906
160	0.617	0.773	0.826	0.908
170	0.617	0.768	0.817	0.906
180	0.617	0.761	0.810	0.905



Tabla 20

Medidas de absorbancia para la variedad de la papa Peruanita.

Tiempo (s)	Absorbancia			
	Concentraciones de catecol (M)			
	0.005	0.020	0.035	0.050
0	0.306	0.398	0.409	0.512
10	0.392	0.523	0.585	0.700
20	0.438	0.601	0.688	0.803
30	0.462	0.657	0.753	0.866
40	0.476	0.696	0.791	0.894
50	0.483	0.719	0.813	0.904
60	0.486	0.734	0.823	0.904
70	0.489	0.741	0.827	0.897
80	0.491	0.747	0.827	0.889
90	0.495	0.749	0.821	0.879
100	0.497	0.748	0.817	0.871
110	0.500	0.747	0.813	0.863
120	0.503	0.746	0.811	0.858
130	0.506	0.746	0.806	0.851
140	0.509	0.750	0.806	0.844
150	0.512	0.755	0.807	0.838
160	0.515	0.759	0.803	0.830
170	0.516	0.758	0.798	0.822
180	0.517	0.760	0.793	0.816

ANEXO 3. Curvas de absorbancia vs tiempo y pendientes para la determinación de la cinética enzimática en la variedad de papa Yana Imilla

Figura 34

Curvas de absorbancia vs tiempo a distintas concentraciones de catecol para la variedad de papa Yana Imilla.

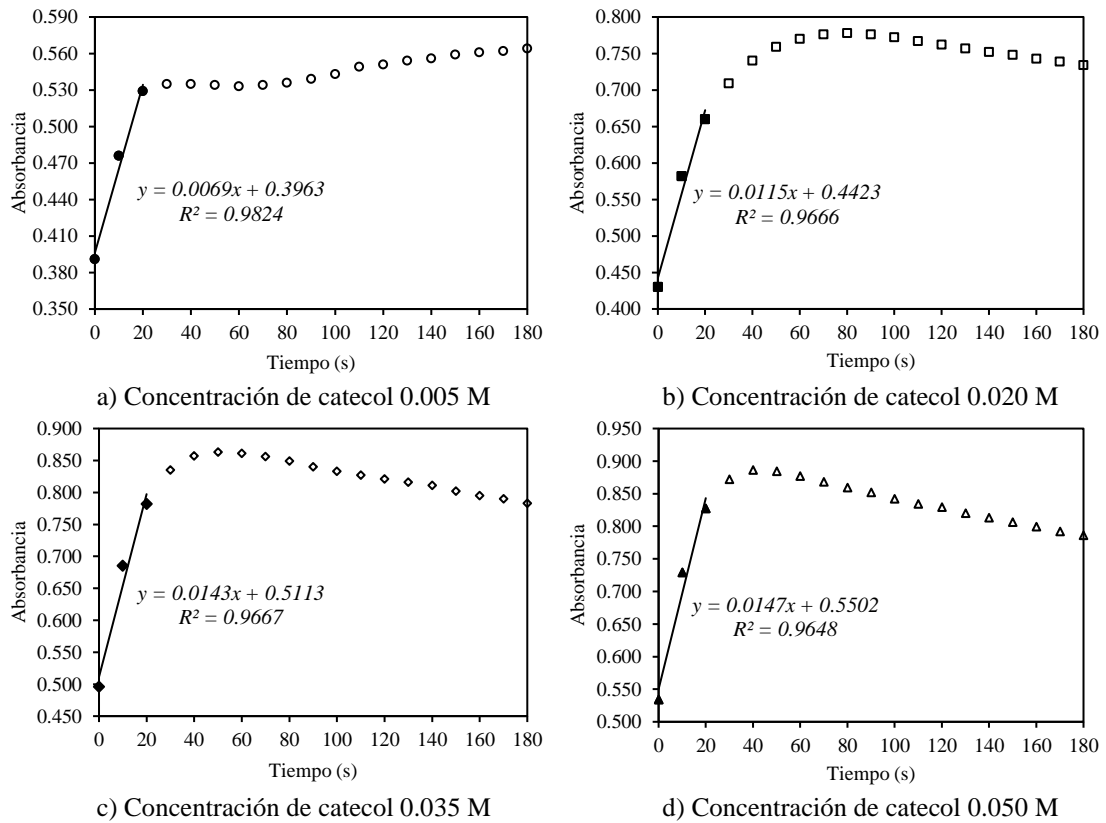


Tabla 21

Pendientes de la porción lineal de la curva de absorbancia vs tiempo para la variedad de papa Yana Imilla.

Pendiente	Concentración de catecol (M)			
	0.005	0.020	0.035	0.050
$\Delta A/\Delta t$ (min ⁻¹)	0.0069	0.0115	0.0143	0.0147

ANEXO 4. Curvas de absorbancia vs tiempo y pendientes para la determinación de la cinética enzimática en la variedad de papa Ccompis

Figura 35

Curvas de absorbancia vs tiempo a distintas concentraciones de catecol para la variedad de papa Ccompis.

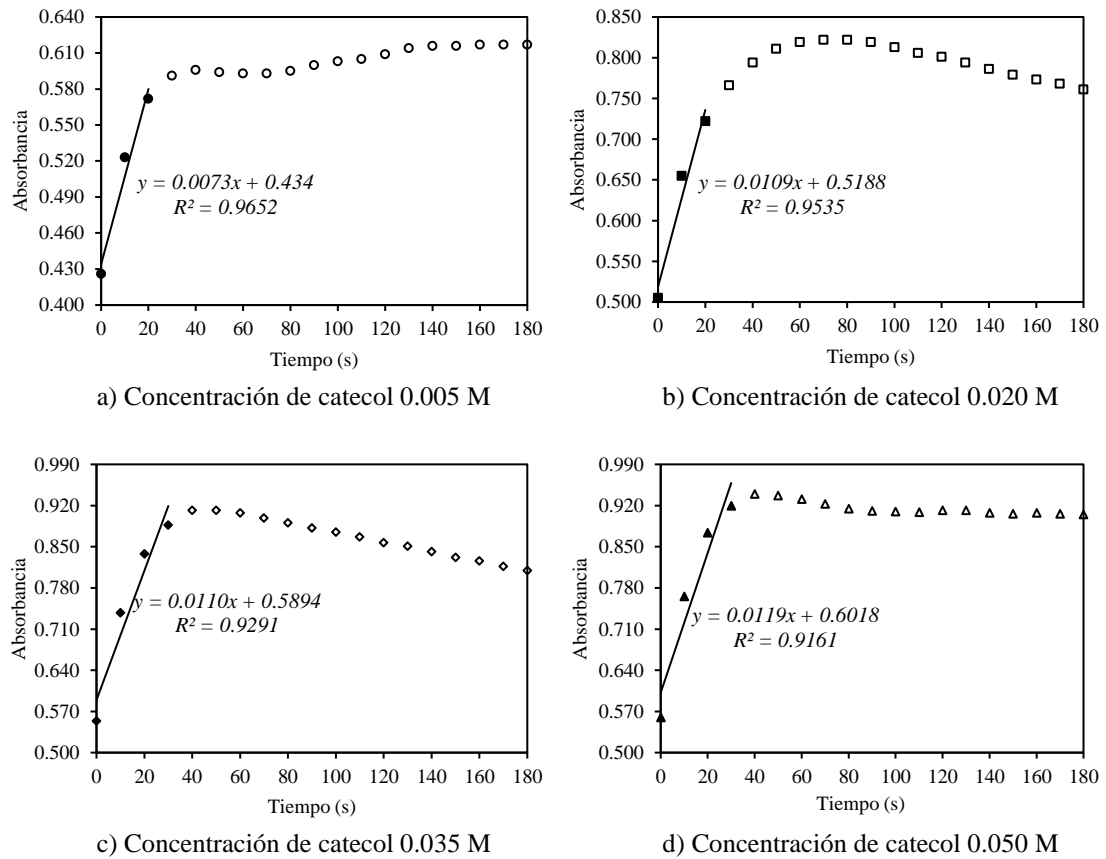


Tabla 22

Pendientes de la porción lineal de la curva de absorbancia vs tiempo para la variedad de papa Ccompis.

Pendiente	Concentración de catecol (M)			
	0.005	0.020	0.035	0.050
$\Delta A/\Delta t$ (min ⁻¹)	0.0073	0.0109	0.0110	0.0119

ANEXO 5. Curvas de absorbancia vs tiempo y pendientes para la determinación de la cinética enzimática en la variedad de papa Peruanita

Figura 36

Curvas de absorbancia vs tiempo a distintas concentraciones de catecol para la variedad de papa Peruanita.

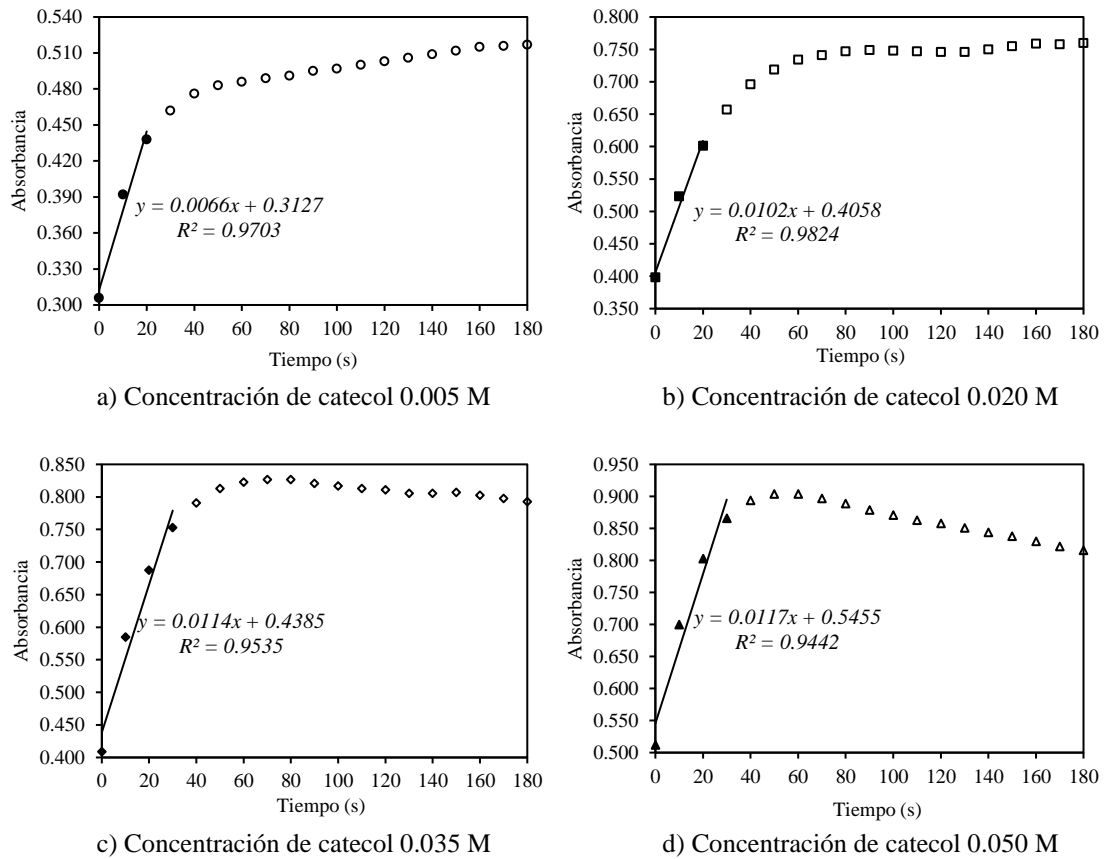


Tabla 23

Pendientes de la porción lineal de la curva de absorbancia vs tiempo para la variedad de papa Peruanita.

Pendiente	Concentración de catecol (M)			
	0.005	0.020	0.035	0.050
$\Delta A/\Delta t$ (min ⁻¹)	0.0066	0.0102	0.0114	0.0117

ANEXO 6. Datos para la determinación de la actividad enzimática en la variedad de papa

Yana Imilla

Tabla 24

Absorbancias en función del tiempo para la papa Yana Imilla a distintas temperaturas.

Tiempo (s)	Absorbancia					
	Sin escaldar	Temperatura (°C)				
		40	50	60	70	80
0	0.413	0.349	0.272	0.253	0.243	0.166
10	0.507	0.432	0.331	0.297	0.279	0.171
20	0.577	0.499	0.374	0.331	0.311	0.173
30	0.630	0.554	0.413	0.361	0.337	0.174
40	0.665	0.598	0.445	0.388	0.363	0.176
50	0.686	0.636	0.475	0.411	0.387	0.176
60	0.701	0.665	0.502	0.431	0.409	0.177
70	0.712	0.688	0.526	0.450	0.430	0.177
80	0.719	0.708	0.549	0.468	0.450	0.177
90	0.723	0.723	0.569	0.484	0.468	0.178
100	0.725	0.735	0.587	0.499	0.485	0.179
110	0.725	0.744	0.604	0.513	0.501	0.179
120	0.723	0.750	0.619	0.526	0.517	0.180
130	0.721	0.754	0.634	0.539	0.532	0.180
140	0.718	0.758	0.647	0.550	0.545	0.181
150	0.715	0.760	0.657	0.561	0.559	0.182
160	0.711	0.760	0.667	0.571	0.571	0.182
170	0.707	0.760	0.676	0.581	0.583	0.182
180	0.703	0.758	0.684	0.590	0.594	0.183
190	0.700	0.756	0.691	0.598	0.604	0.183
200	0.696	0.755	0.698	0.606	0.614	0.184
210	0.692	0.752	0.704	0.613	0.624	0.184
220	0.689	0.749	0.709	0.620	0.633	0.185
230	0.685	0.745	0.714	0.626	0.641	0.186
240	0.681	0.742	0.718	0.632	0.649	0.187
250	0.678	0.739	0.721	0.637	0.657	0.186
260	0.675	0.735	0.724	0.642	0.664	0.186
270	0.672	0.731	0.727	0.647	0.670	0.186
280	0.669	0.728	0.730	0.652	0.676	0.186
290	0.666	0.724	0.732	0.655	0.682	0.187
300	0.663	0.721	0.733	0.659	0.687	0.187
310	0.660	0.717	0.734	0.662	0.693	0.187
320	0.657	0.714	0.735	0.665	0.697	0.188
330	0.655	0.710	0.735	0.668	0.702	0.188
340	0.652	0.707	0.735	0.671	0.707	0.188
350	0.649	0.704	0.735	0.673	0.711	0.188
360	0.647	0.701	0.735	0.675	0.715	0.189

Figura 37

Curvas de absorbancia vs tiempo para la papa Yana Imilla a distintas temperaturas.

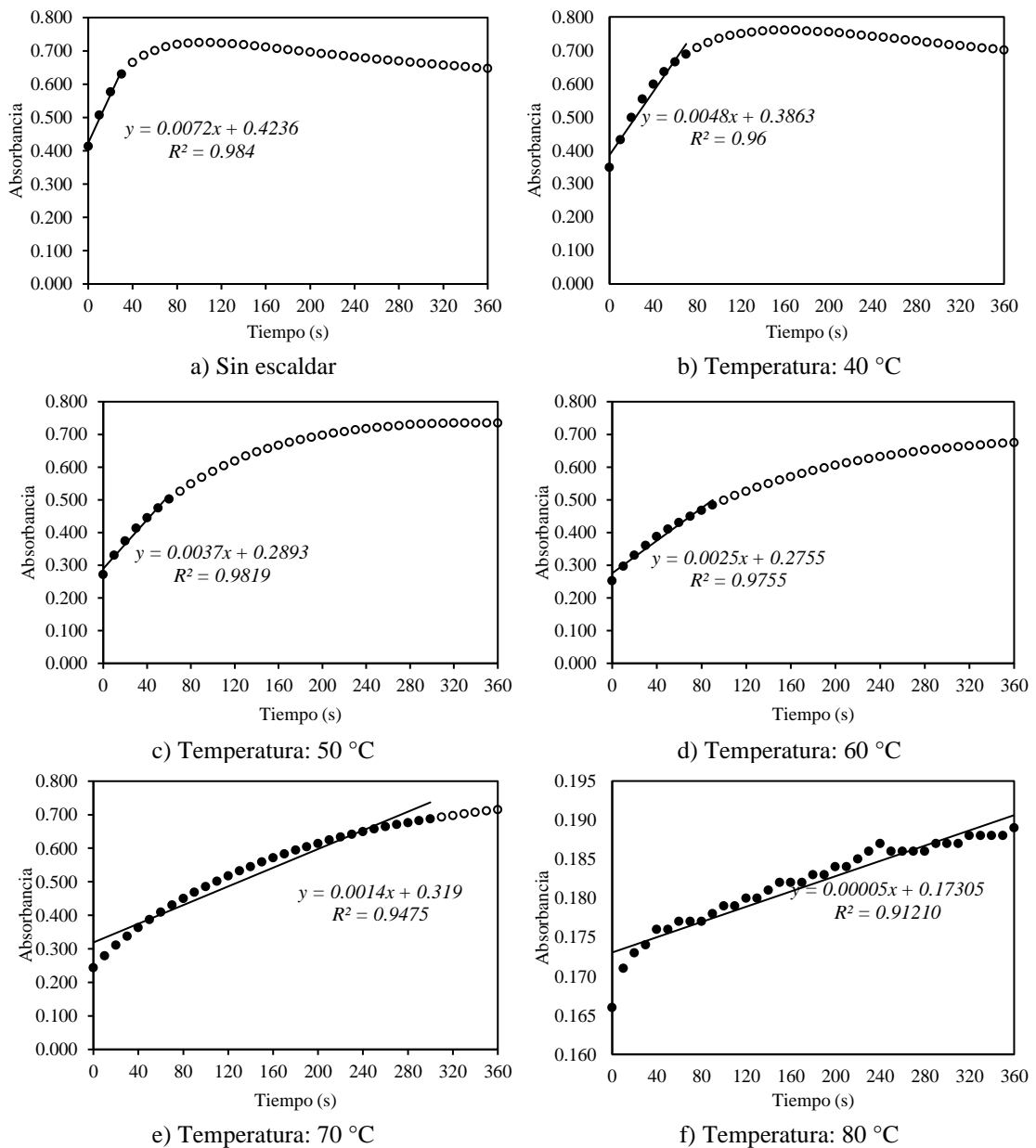


Tabla 25

Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Yana Imilla a distintas temperaturas.

Sin escaldar	Pendiente $\Delta A_{420 \text{ nm}} / \Delta t$ (min^{-1})				
	Temperatura (°C)				
	40	50	60	70	80



0.0072 0.0048 0.0037 0.0025 0.0014 0.00005

Tabla 26

Absorbancias en función del tiempo para la papa Yana Imilla a distintos tiempos de escaldado.

Tiempo (s)	Absorbancia					
	Sin escaldar	Tiempo de escaldado (s)				
		15	60	180	300	420
0	0.461	0.366	0.273	0.247	0.189	0.241
10	0.585	0.485	0.343	0.292	0.219	0.258
20	0.667	0.572	0.397	0.331	0.243	0.271
30	0.721	0.634	0.449	0.365	0.265	0.280
40	0.751	0.679	0.495	0.398	0.284	0.289
50	0.768	0.715	0.535	0.427	0.304	0.298
60	0.778	0.739	0.570	0.454	0.323	0.307
70	0.782	0.756	0.602	0.480	0.342	0.316
80	0.781	0.767	0.631	0.504	0.360	0.325
90	0.779	0.775	0.657	0.527	0.378	0.335
100	0.775	0.779	0.679	0.547	0.397	0.343
110	0.770	0.781	0.699	0.566	0.413	0.352
120	0.765	0.782	0.717	0.582	0.430	0.360
130	0.760	0.780	0.733	0.599	0.446	0.367
140	0.756	0.777	0.746	0.614	0.462	0.375
150	0.751	0.774	0.758	0.629	0.477	0.383
160	0.747	0.770	0.768	0.642	0.491	0.389
170	0.742	0.766	0.777	0.654	0.506	0.396
180	0.738	0.762	0.785	0.664	0.519	0.403
190	0.735	0.758	0.792	0.675	0.532	0.410
200	0.731	0.754	0.798	0.684	0.544	0.418
210	0.727	0.749	0.802	0.693	0.556	0.425
220	0.723	0.745	0.806	0.701	0.567	0.431
230	0.720	0.740	0.809	0.709	0.578	0.437
240	0.716	0.736	0.811	0.716	0.588	0.443
250	0.713	0.732	0.813	0.722	0.598	0.448
260	0.710	0.728	0.814	0.728	0.607	0.454
270	0.707	0.724	0.814	0.734	0.616	0.460
280	0.704	0.720	0.813	0.739	0.624	0.465
290	0.701	0.716	0.812	0.743	0.632	0.470
300	0.698	0.712	0.811	0.747	0.640	0.475
310	0.694	0.708	0.810	0.751	0.647	0.479
320	0.691	0.704	0.808	0.755	0.654	0.483
330	0.688	0.700	0.806	0.758	0.660	0.487
340	0.685	0.697	0.804	0.761	0.665	0.491
350	0.682	0.693	0.802	0.763	0.671	0.496
360	0.680	0.690	0.799	0.765	0.675	0.500

Figura 38

Curvas de absorbancia vs tiempo del escaldado de la papa Yana Imilla a distintos tiempos de escaldado.

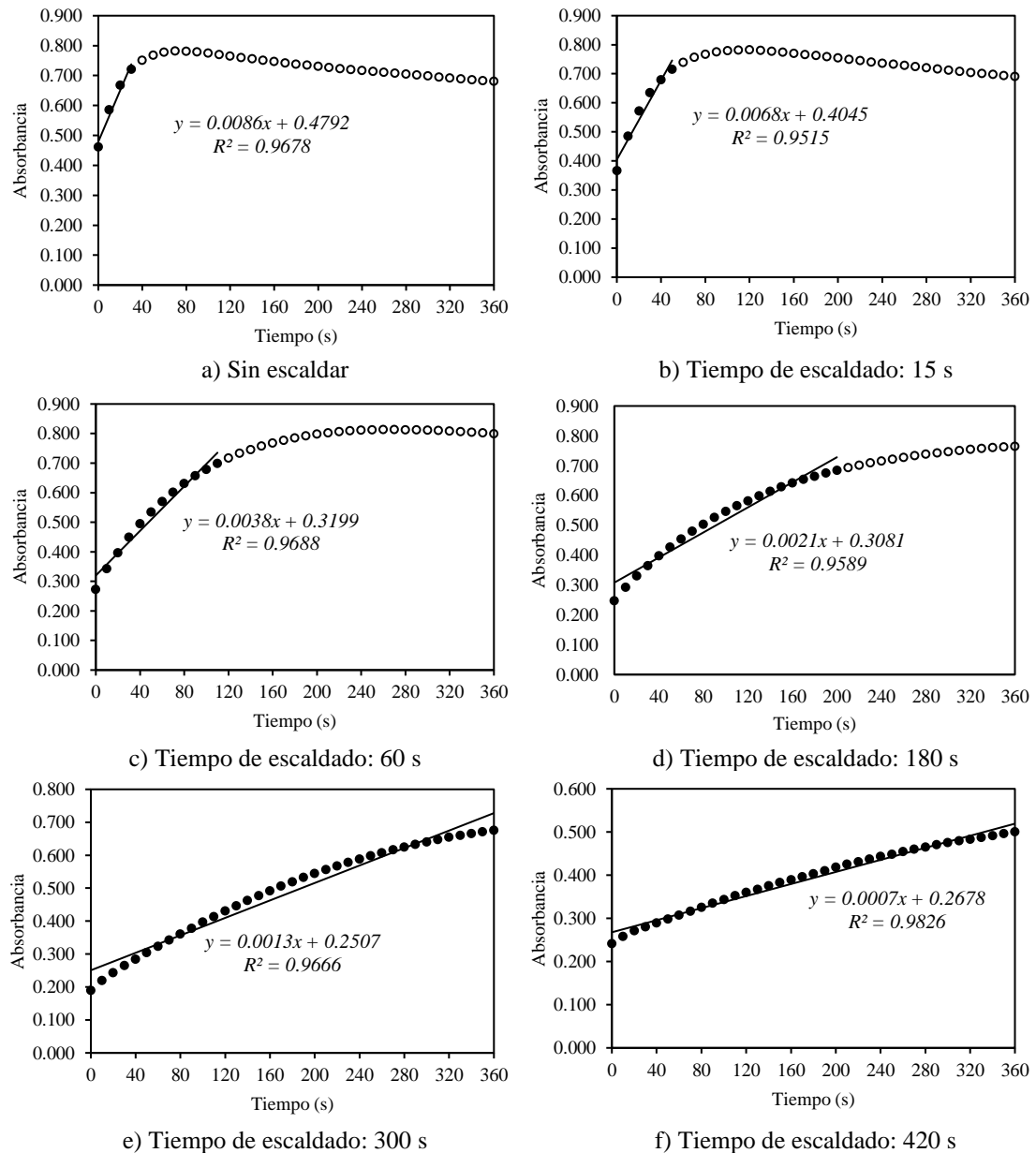


Tabla 27

Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Yana Imilla a distintos tiempos de escaldado

Pendiente $\Delta A_{420 \text{ nm}} / \Delta t \text{ (min}^{-1}\text{)}$	
Sin escaldar	Tiempo de escaldado (s)
	15
	60
	180
	300
	420



0.0086 0.0068 0.0038 0.0021 0.0013 0.0007

Tabla 28

Absorbancias en función del tiempo para la papa Yana Imilla a distintas concentraciones de ácido láctico.

Tiempo (s)	Absorbancia					
	Sin escaldar	Concentración de ácido láctico (%)				
		0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
0	0.597	0.516	0.334	0.299	0.260	0.163
10	0.708	0.646	0.419	0.360	0.309	0.172
20	0.756	0.724	0.492	0.409	0.349	0.180
30	0.773	0.769	0.548	0.446	0.381	0.188
40	0.777	0.793	0.598	0.479	0.409	0.195
50	0.773	0.804	0.641	0.507	0.435	0.202
60	0.768	0.808	0.677	0.534	0.460	0.209
70	0.761	0.808	0.707	0.559	0.484	0.216
80	0.754	0.805	0.731	0.581	0.506	0.222
90	0.748	0.800	0.750	0.601	0.525	0.228
100	0.742	0.795	0.768	0.619	0.543	0.237
110	0.737	0.789	0.781	0.635	0.559	0.243
120	0.731	0.784	0.792	0.650	0.576	0.248
130	0.726	0.779	0.801	0.664	0.592	0.253
140	0.721	0.773	0.807	0.676	0.606	0.258
150	0.716	0.768	0.813	0.687	0.619	0.263
160	0.711	0.762	0.817	0.697	0.632	0.269
170	0.706	0.758	0.820	0.705	0.643	0.274
180	0.704	0.753	0.822	0.713	0.653	0.280
190	0.699	0.749	0.823	0.720	0.662	0.284
200	0.694	0.744	0.823	0.725	0.671	0.288
210	0.690	0.739	0.822	0.730	0.679	0.291
220	0.686	0.735	0.820	0.735	0.686	0.295
230	0.682	0.730	0.818	0.740	0.693	0.299
240	0.678	0.726	0.816	0.743	0.698	0.304
250	0.674	0.722	0.813	0.747	0.704	0.307
260	0.671	0.718	0.810	0.749	0.709	0.311
270	0.667	0.714	0.806	0.751	0.715	0.315
280	0.663	0.710	0.802	0.753	0.720	0.317
290	0.660	0.706	0.799	0.754	0.724	0.320
300	0.657	0.702	0.796	0.755	0.728	0.323
310	0.654	0.698	0.792	0.755	0.731	0.326
320	0.651	0.695	0.788	0.755	0.734	0.328
330	0.648	0.691	0.783	0.755	0.737	0.331
340	0.644	0.687	0.779	0.755	0.739	0.334
350	0.641	0.684	0.774	0.754	0.742	0.336
360	0.638	0.680	0.770	0.753	0.744	0.339

Figura 39

Curvas de absorbancia vs tiempo del escaldado de la papa Yana Imilla a distintas concentraciones de ácido láctico.

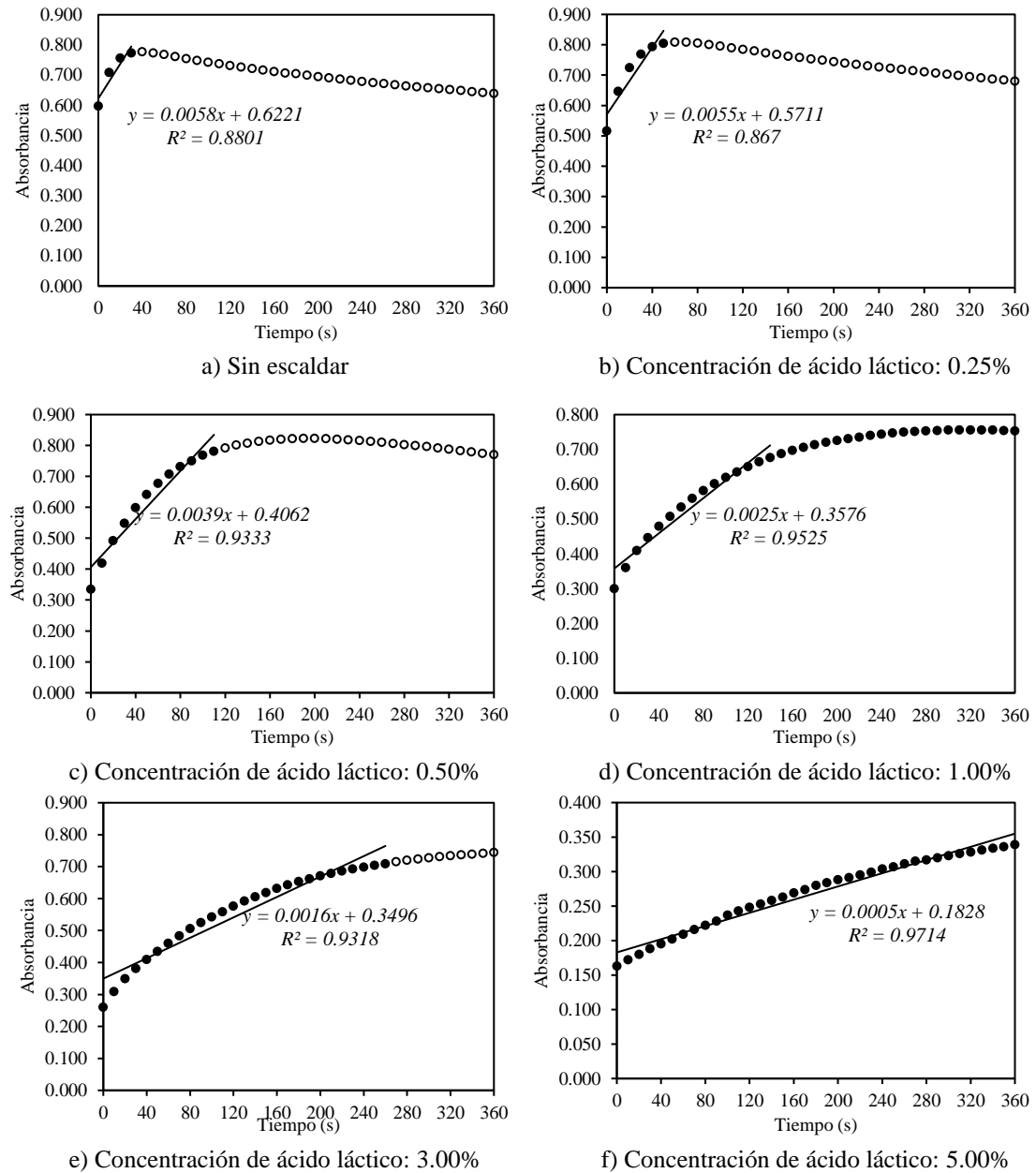


Tabla 29

Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Yana Imilla a distintas concentraciones de ácido láctico.

Sin escaldar	Pendiente $\Delta A_{420 \text{ nm}} / \Delta t$ (min^{-1})				
	Concentración de ácido láctico (%)				
	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
0.0058	0.0055	0.0039	0.0025	0.0016	0.0005



Tabla 30

Absorbancias en función del tiempo para la papa Yana Imilla a distintas concentraciones de cloruro de calcio.

Tiempo (s)	Absorbancia					
	Sin escaldar	Concentración de cloruro de calcio (%)				
		0.05	0.10	0.30	0.50	0.70
0	0.512	0.330	0.305	0.341	0.339	0.332
10	0.664	0.451	0.397	0.453	0.433	0.427
20	0.734	0.544	0.470	0.543	0.511	0.504
30	0.760	0.617	0.532	0.611	0.575	0.568
40	0.769	0.673	0.587	0.664	0.629	0.622
50	0.769	0.715	0.630	0.701	0.674	0.666
60	0.764	0.745	0.665	0.731	0.711	0.701
70	0.758	0.768	0.694	0.751	0.741	0.729
80	0.752	0.783	0.715	0.767	0.765	0.752
90	0.745	0.793	0.734	0.778	0.786	0.768
100	0.739	0.799	0.747	0.785	0.799	0.782
110	0.733	0.801	0.757	0.788	0.810	0.792
120	0.728	0.802	0.764	0.789	0.818	0.800
130	0.723	0.800	0.768	0.790	0.825	0.805
140	0.718	0.797	0.771	0.788	0.829	0.809
150	0.713	0.793	0.772	0.786	0.833	0.810
160	0.709	0.789	0.772	0.782	0.834	0.809
170	0.704	0.785	0.771	0.779	0.834	0.807
180	0.700	0.780	0.769	0.776	0.832	0.805
190	0.695	0.775	0.766	0.770	0.830	0.802
200	0.691	0.771	0.762	0.765	0.827	0.799
210	0.687	0.766	0.758	0.760	0.824	0.795
220	0.683	0.761	0.754	0.755	0.821	0.791
230	0.679	0.756	0.749	0.750	0.818	0.786
240	0.676	0.752	0.745	0.746	0.814	0.782
250	0.673	0.747	0.740	0.741	0.810	0.777
260	0.669	0.742	0.735	0.736	0.806	0.772
270	0.666	0.738	0.729	0.731	0.801	0.767
280	0.663	0.733	0.724	0.727	0.796	0.762
290	0.659	0.729	0.719	0.723	0.792	0.756
300	0.656	0.724	0.715	0.717	0.787	0.751
310	0.653	0.720	0.710	0.713	0.783	0.746
320	0.649	0.715	0.705	0.708	0.780	0.741
330	0.646	0.711	0.701	0.704	0.774	0.736
340	0.644	0.707	0.696	0.700	0.770	0.731
350	0.641	0.704	0.691	0.697	0.765	0.726
360	0.638	0.700	0.687	0.692	0.761	0.721

Figura 40

Curvas de absorbancia vs tiempo para la papa Yana Imilla a distintas concentraciones de cloruro de calcio.

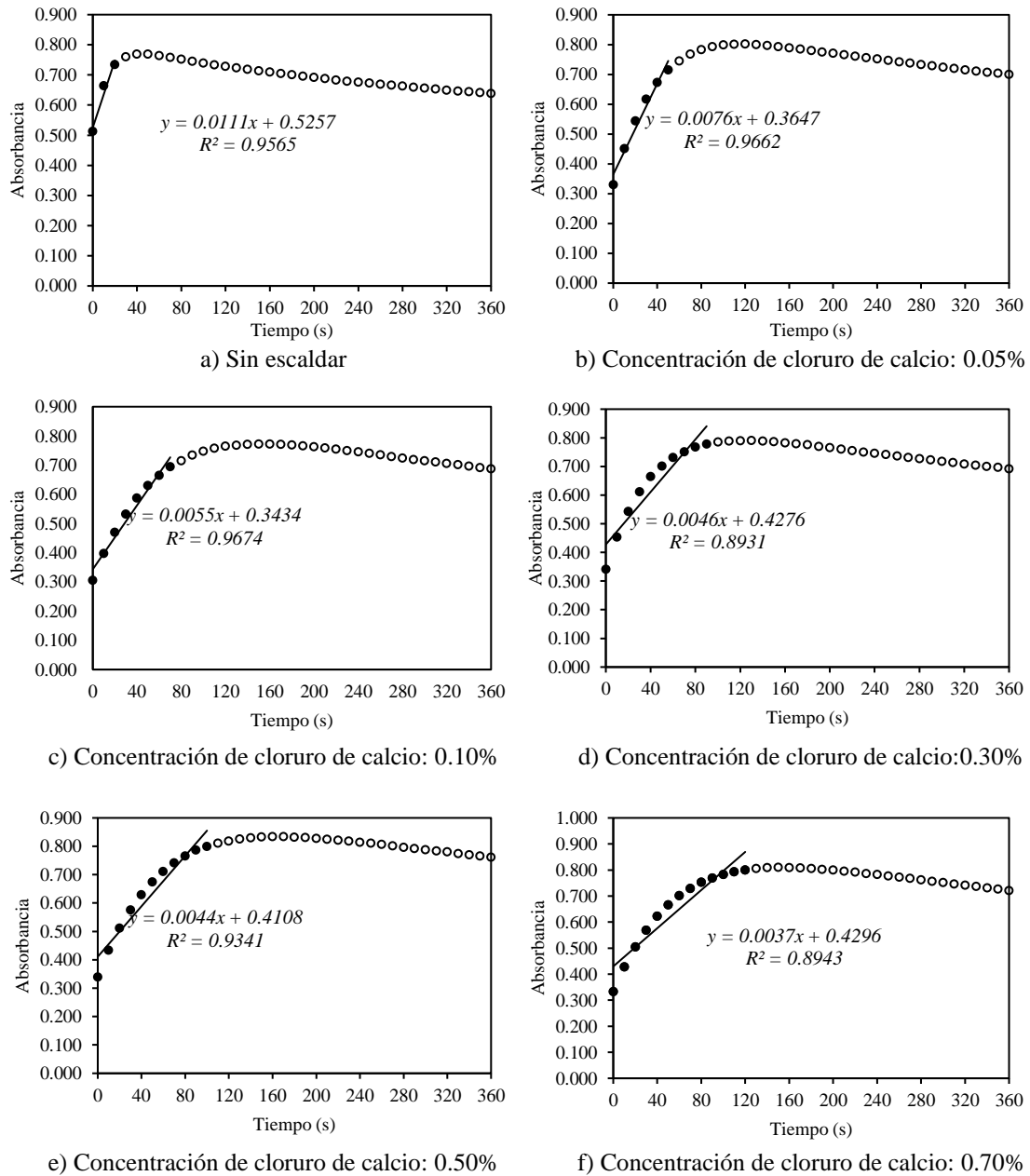


Tabla 31

Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Yana Imilla a distintas concentraciones de cloruro de calcio.

Pendiente $\Delta A_{420 \text{ nm}} / \Delta t \text{ (min}^{-1}\text{)}$					
Sin escaldar	Concentración de cloruro de calcio (%)				
	0.05	0.10	0.30	0.50	0.70
0.0111	0.0076	0.0055	0.0046	0.0044	0.0037

ANEXO 7. Datos para la determinación de la actividad enzimática en la variedad de papa

Ccompis

Tabla 32*Absorbancias en función del tiempo para la papa Ccompis a distintas temperaturas.*

Tiempo (s)	Absorbancia					
	Sin escaldar	Temperatura (°C)				
		40	50	60	70	80
0	0.423	0.312	0.229	0.216	0.244	0.151
10	0.552	0.424	0.292	0.274	0.300	0.155
20	0.636	0.509	0.348	0.326	0.343	0.157
30	0.691	0.576	0.392	0.370	0.380	0.159
40	0.725	0.629	0.432	0.412	0.414	0.161
50	0.746	0.672	0.470	0.451	0.446	0.163
60	0.758	0.704	0.506	0.485	0.475	0.165
70	0.764	0.729	0.538	0.517	0.502	0.167
80	0.766	0.748	0.568	0.546	0.527	0.168
90	0.766	0.762	0.594	0.571	0.549	0.170
100	0.763	0.772	0.618	0.595	0.570	0.172
110	0.760	0.779	0.638	0.616	0.589	0.173
120	0.756	0.784	0.657	0.636	0.607	0.175
130	0.752	0.787	0.674	0.653	0.623	0.177
140	0.748	0.789	0.689	0.667	0.638	0.178
150	0.745	0.789	0.702	0.680	0.651	0.180
160	0.741	0.789	0.714	0.692	0.664	0.181
170	0.738	0.788	0.725	0.702	0.675	0.182
180	0.735	0.785	0.733	0.712	0.685	0.184
190	0.732	0.782	0.741	0.720	0.694	0.185
200	0.730	0.780	0.748	0.729	0.703	0.186
210	0.727	0.777	0.754	0.736	0.711	0.187
220	0.723	0.774	0.759	0.743	0.718	0.188
230	0.721	0.771	0.764	0.748	0.725	0.189
240	0.718	0.768	0.768	0.753	0.731	0.189
250	0.715	0.765	0.771	0.757	0.737	0.190
260	0.712	0.761	0.774	0.760	0.742	0.191
270	0.710	0.758	0.777	0.762	0.747	0.192
280	0.708	0.755	0.779	0.765	0.751	0.193
290	0.705	0.752	0.780	0.767	0.755	0.193
300	0.703	0.749	0.781	0.769	0.758	0.194
310	0.700	0.746	0.782	0.770	0.761	0.195
320	0.698	0.743	0.782	0.771	0.764	0.196
330	0.696	0.740	0.782	0.772	0.767	0.197
340	0.693	0.737	0.782	0.772	0.769	0.198
350	0.691	0.734	0.781	0.772	0.771	0.198
360	0.689	0.732	0.780	0.772	0.772	0.199

Figura 41

Curvas de absorbancia vs tiempo para la papa Ccompis a distintas temperaturas.

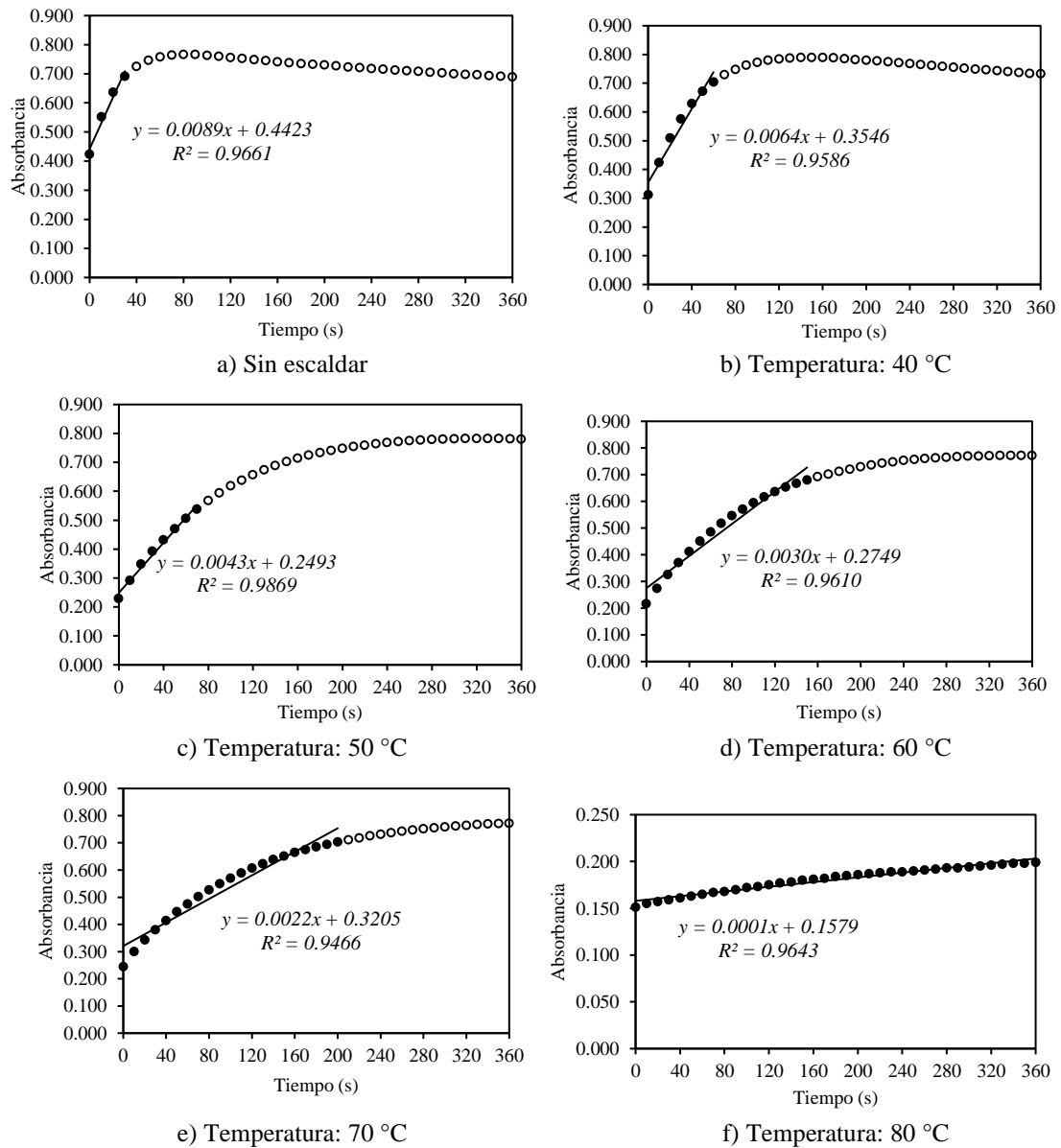


Tabla 33

Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Ccompis a distintas temperaturas.

Sin escaldar	Pendiente $\Delta A_{420 \text{ nm}} / \Delta t$ (min^{-1})				
	Temperatura (°C)				
	40	50	60	70	80
	0.0089	0.0064	0.0043	0.0030	0.0022
					0.0001



Tabla 34

Absorbancias en función del tiempo para la papa Ccompis a distintos tiempos de escaldado

Tiempo (s)	Absorbancia					
	Sin escaldar	Tiempo de escaldado (s)				
		15	60	180	300	420
0	0.423	0.224	0.241	0.242	0.197	0.207
10	0.552	0.309	0.333	0.296	0.205	0.218
20	0.636	0.379	0.407	0.341	0.214	0.225
30	0.691	0.441	0.470	0.380	0.222	0.233
40	0.725	0.495	0.523	0.415	0.228	0.241
50	0.746	0.541	0.569	0.452	0.234	0.247
60	0.758	0.581	0.606	0.483	0.241	0.255
70	0.764	0.614	0.636	0.513	0.248	0.262
80	0.766	0.642	0.661	0.540	0.255	0.268
90	0.766	0.665	0.682	0.565	0.262	0.275
100	0.763	0.684	0.698	0.587	0.267	0.281
110	0.760	0.700	0.712	0.607	0.276	0.287
120	0.756	0.713	0.723	0.624	0.283	0.292
130	0.752	0.724	0.731	0.640	0.287	0.297
140	0.748	0.732	0.738	0.656	0.291	0.303
150	0.745	0.739	0.743	0.669	0.295	0.308
160	0.741	0.743	0.746	0.680	0.300	0.313
170	0.738	0.747	0.749	0.691	0.305	0.318
180	0.735	0.748	0.751	0.700	0.309	0.323
190	0.732	0.749	0.752	0.708	0.313	0.328
200	0.730	0.749	0.752	0.716	0.316	0.332
210	0.727	0.749	0.751	0.723	0.321	0.337
220	0.723	0.749	0.750	0.730	0.324	0.341
230	0.721	0.747	0.748	0.735	0.328	0.345
240	0.718	0.745	0.746	0.740	0.331	0.349
250	0.715	0.743	0.743	0.744	0.335	0.353
260	0.712	0.741	0.741	0.748	0.338	0.357
270	0.710	0.737	0.739	0.751	0.341	0.36
280	0.708	0.734	0.736	0.754	0.344	0.363
290	0.705	0.731	0.733	0.755	0.346	0.366
300	0.703	0.728	0.730	0.757	0.349	0.369
310	0.700	0.725	0.726	0.759	0.352	0.371
320	0.698	0.722	0.723	0.760	0.355	0.374
330	0.696	0.719	0.720	0.761	0.357	0.377
340	0.693	0.716	0.717	0.761	0.360	0.380
350	0.691	0.713	0.714	0.761	0.363	0.382
360	0.689	0.710	0.711	0.762	0.365	0.384

Figura 42

Curvas de absorbancia vs tiempo para la papa Ccompis a distintos tiempos de escaldado.

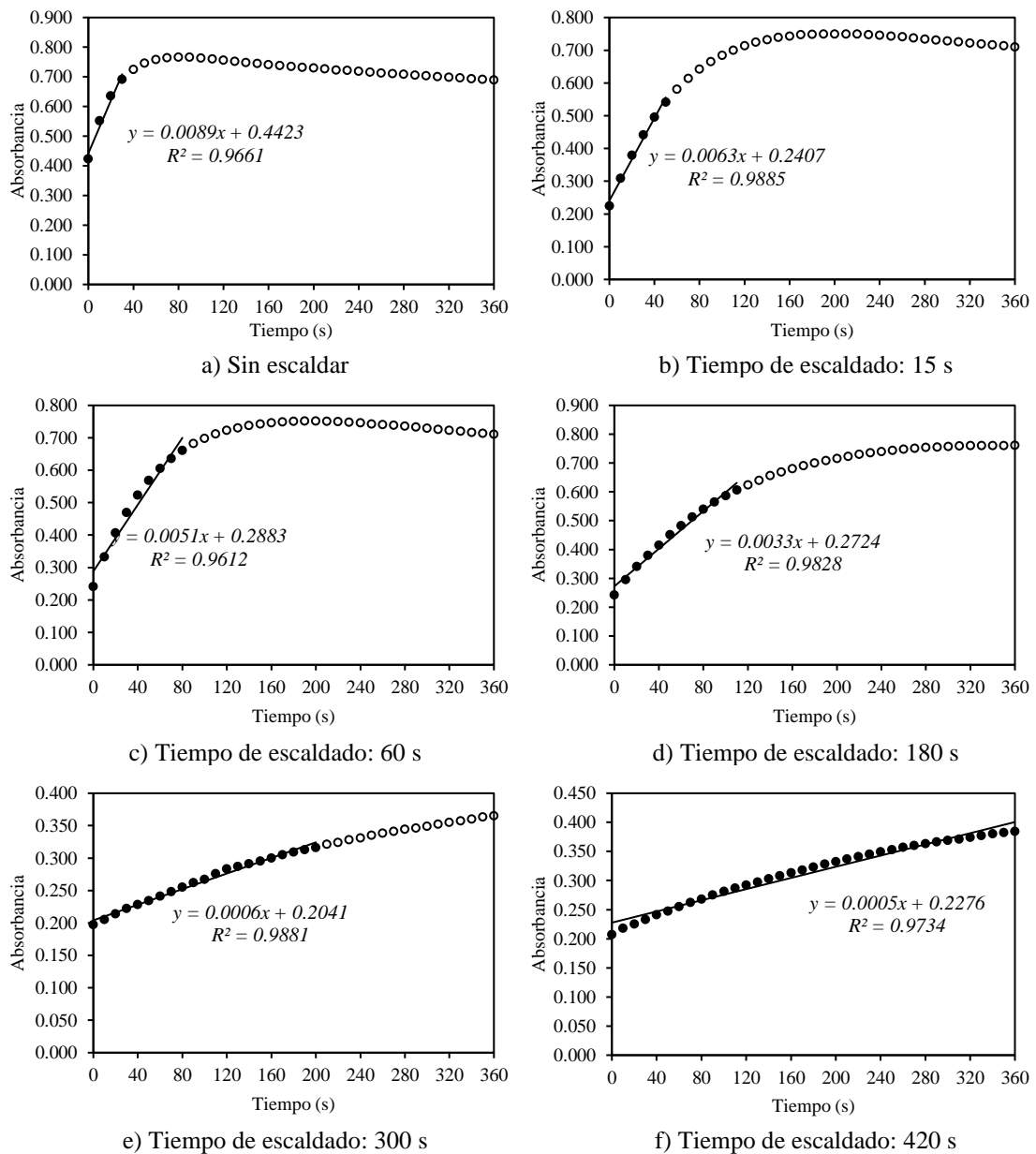


Tabla 35

Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Ccompis a distintos tiempos de escaldado.

Sin escaldar	Pendiente $\Delta A_{420 \text{ nm}} / \Delta t$ (min^{-1})				
	Tiempo de escaldado (s)				
	15	60	180	300	420
	0.0089	0.0063	0.0051	0.0033	0.0006
				0.0006	0.0005

Tabla 36

Absorbancias en función del tiempo para la papa Ccompis a distintas concentraciones de ácido láctico.

Tiempo (s)	Absorbancia					
	Sin escaldar	Concentración de ácido láctico (%)				
		0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
0	0.310	0.233	0.233	0.199	0.221	0.211
10	0.409	0.281	0.276	0.236	0.259	0.232
20	0.480	0.326	0.315	0.277	0.293	0.250
30	0.531	0.368	0.350	0.309	0.325	0.268
40	0.568	0.404	0.382	0.345	0.354	0.284
50	0.596	0.434	0.411	0.375	0.381	0.301
60	0.614	0.462	0.438	0.403	0.406	0.318
70	0.626	0.489	0.463	0.431	0.429	0.334
80	0.633	0.514	0.486	0.458	0.450	0.350
90	0.637	0.534	0.507	0.481	0.470	0.365
100	0.639	0.551	0.526	0.502	0.489	0.380
110	0.640	0.565	0.543	0.521	0.506	0.395
120	0.639	0.580	0.558	0.539	0.523	0.408
130	0.637	0.593	0.572	0.556	0.538	0.422
140	0.635	0.605	0.585	0.571	0.553	0.434
150	0.632	0.616	0.596	0.586	0.566	0.447
160	0.629	0.626	0.606	0.599	0.578	0.459
170	0.626	0.636	0.615	0.611	0.590	0.471
180	0.623	0.644	0.623	0.621	0.600	0.482
190	0.621	0.651	0.630	0.631	0.610	0.492
200	0.619	0.658	0.636	0.639	0.619	0.502
210	0.617	0.663	0.641	0.647	0.627	0.512
220	0.615	0.667	0.646	0.654	0.634	0.521
230	0.613	0.671	0.651	0.660	0.641	0.530
240	0.610	0.673	0.655	0.666	0.647	0.538
250	0.608	0.675	0.659	0.671	0.653	0.546
260	0.606	0.677	0.661	0.675	0.658	0.554
270	0.604	0.678	0.664	0.679	0.663	0.561
280	0.602	0.679	0.666	0.682	0.667	0.568
290	0.600	0.680	0.668	0.685	0.671	0.575
300	0.598	0.680	0.669	0.688	0.675	0.581
310	0.595	0.680	0.669	0.690	0.678	0.587
320	0.593	0.680	0.670	0.692	0.681	0.593
330	0.592	0.680	0.670	0.694	0.683	0.598
340	0.590	0.679	0.670	0.695	0.686	0.604
350	0.588	0.678	0.670	0.696	0.688	0.609
360	0.586	0.677	0.670	0.697	0.690	0.613

Figura 43

Curvas de absorbancia vs tiempo para la papa Ccompis a distintas concentraciones de ácido láctico.

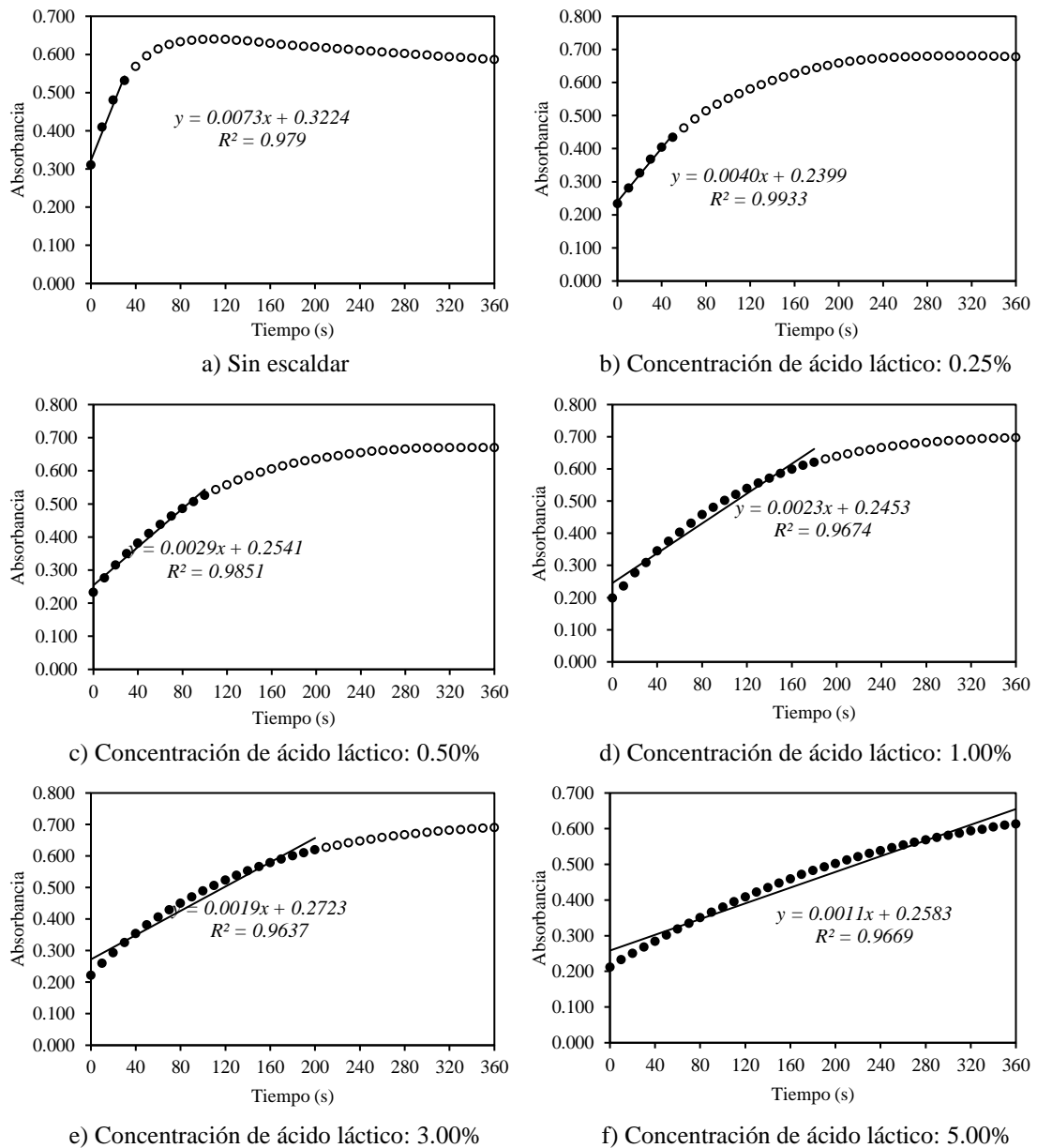


Tabla 37

Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Ccompis a distintas concentraciones de ácido láctico.

	Pendiente $\Delta A_{420\text{ nm}}/\Delta t$ (min^{-1})				
Sin escaldar	Concentración de ácido láctico (%)				
	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00

0.0073

0.0040

0.0029

0.0023

0.0019

0.0011

Tabla 38

Absorbancias en función del tiempo para la papa Ccompis a distintas concentraciones de cloruro de calcio.

Tiempo (s)	Absorbancia					
	Sin escaldar	Concentración de cloruro de calcio (%)				
		0.05	0.10	0.30	0.30	0.70
0	0.312	0.208	0.165	0.174	0.198	0.206
10	0.420	0.249	0.197	0.211	0.243	0.251
20	0.502	0.287	0.228	0.243	0.286	0.291
30	0.566	0.322	0.256	0.274	0.324	0.330
40	0.619	0.358	0.284	0.305	0.359	0.366
50	0.658	0.390	0.311	0.336	0.392	0.397
60	0.688	0.420	0.337	0.364	0.424	0.426
70	0.710	0.449	0.361	0.389	0.454	0.454
80	0.723	0.475	0.385	0.413	0.482	0.482
90	0.733	0.499	0.407	0.436	0.508	0.507
100	0.740	0.522	0.428	0.458	0.531	0.532
110	0.746	0.542	0.448	0.480	0.553	0.554
120	0.748	0.560	0.467	0.500	0.572	0.574
130	0.747	0.578	0.486	0.518	0.590	0.591
140	0.746	0.595	0.503	0.536	0.606	0.608
150	0.744	0.609	0.519	0.552	0.620	0.623
160	0.741	0.623	0.533	0.567	0.634	0.637
170	0.738	0.635	0.546	0.581	0.647	0.650
180	0.735	0.647	0.559	0.594	0.658	0.661
190	0.731	0.657	0.571	0.605	0.668	0.671
200	0.728	0.666	0.581	0.616	0.676	0.680
210	0.724	0.675	0.591	0.625	0.685	0.688
220	0.720	0.683	0.600	0.635	0.693	0.696
230	0.718	0.690	0.609	0.643	0.700	0.703
240	0.715	0.697	0.618	0.651	0.707	0.710
250	0.711	0.704	0.626	0.658	0.713	0.716
260	0.707	0.709	0.633	0.664	0.719	0.721
270	0.703	0.714	0.640	0.671	0.723	0.726
280	0.699	0.719	0.646	0.677	0.727	0.730
290	0.696	0.723	0.652	0.682	0.731	0.734
300	0.693	0.726	0.658	0.687	0.734	0.738
310	0.689	0.729	0.663	0.692	0.737	0.741
320	0.686	0.732	0.669	0.696	0.739	0.743
330	0.683	0.735	0.674	0.700	0.741	0.745
340	0.680	0.738	0.678	0.704	0.743	0.746
350	0.677	0.740	0.682	0.707	0.744	0.748
360	0.675	0.742	0.686	0.711	0.745	0.749

Figura 44

Curvas de absorbancia vs tiempo para la papa Ccompis a distintas concentraciones de cloruro de calcio.

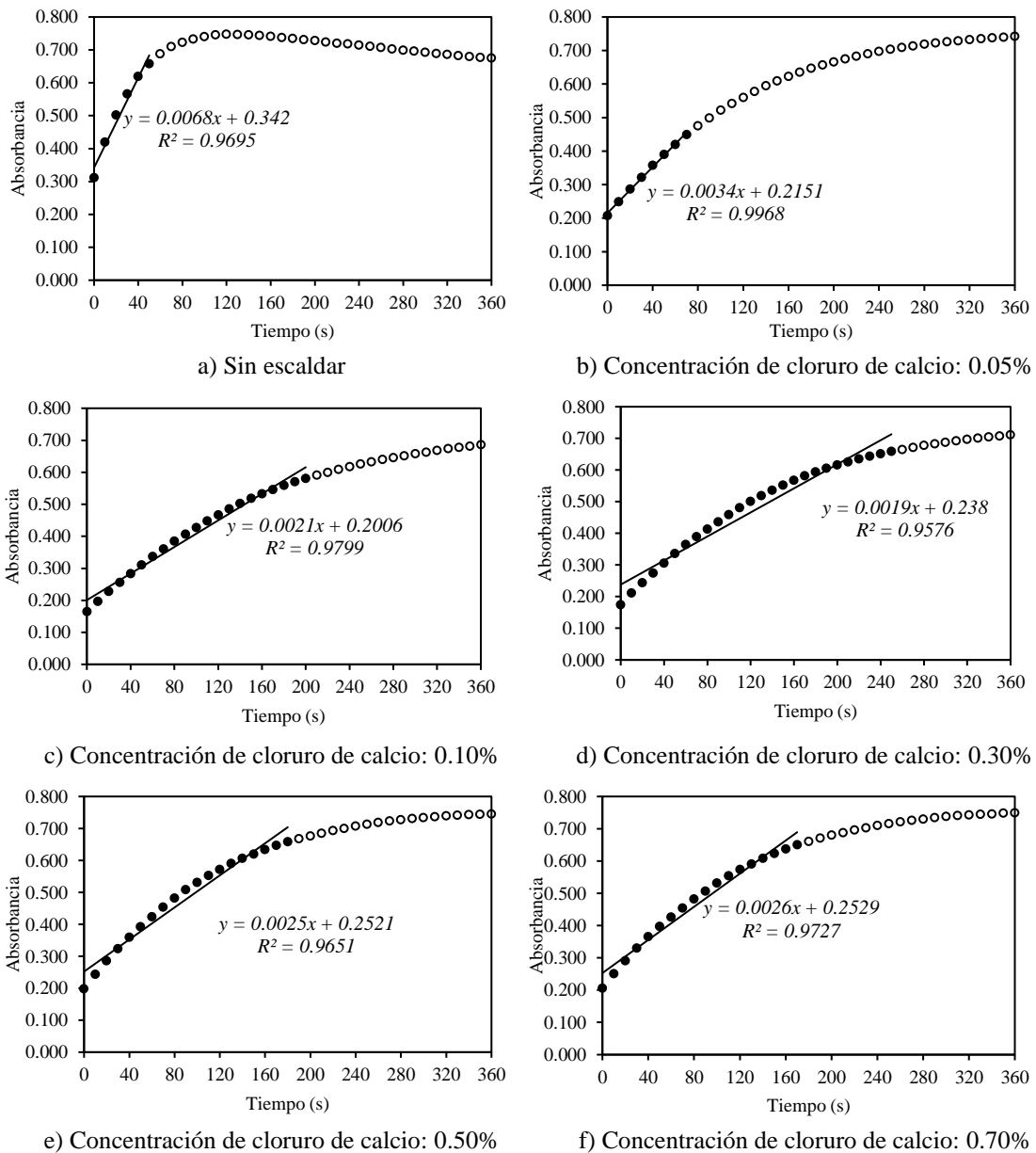


Tabla 39

Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Ccompis a distintas concentraciones de cloruro de calcio.

Sin escaldar	Pendiente $\Delta A_{420\text{ nm}}/\Delta t$ (min^{-1})				
	Concentración de cloruro de calcio (%)				
	0.05	0.10	0.30	0.50	0.70
0.0068	0.0034	0.0021	0.0019	0.0025	0.0026

ANEXO 8. Datos para la determinación de la actividad enzimática en la variedad de papa

Peruanita

Tabla 40

Absorbancias en función del tiempo para la papa Peruanita a distintas temperaturas.

Tiempo (s)	Absorbancia					
	Sin escaldar	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)				
		40	50	60	70	80
0	0.416	0.326	0.285	0.263	0.186	0.133
10	0.561	0.410	0.380	0.331	0.202	0.133
20	0.653	0.481	0.458	0.388	0.214	0.133
30	0.708	0.538	0.522	0.437	0.226	0.135
40	0.739	0.588	0.577	0.482	0.238	0.135
50	0.757	0.627	0.623	0.523	0.249	0.136
60	0.764	0.662	0.660	0.559	0.259	0.136
70	0.766	0.690	0.691	0.590	0.268	0.136
80	0.765	0.713	0.715	0.616	0.277	0.137
90	0.761	0.732	0.735	0.639	0.285	0.137
100	0.756	0.747	0.749	0.659	0.293	0.137
110	0.751	0.759	0.761	0.676	0.300	0.138
120	0.747	0.769	0.770	0.692	0.307	0.138
130	0.742	0.776	0.777	0.704	0.313	0.138
140	0.738	0.782	0.781	0.715	0.319	0.139
150	0.734	0.786	0.784	0.725	0.324	0.139
160	0.731	0.789	0.785	0.733	0.329	0.140
170	0.727	0.790	0.786	0.739	0.335	0.140
180	0.724	0.791	0.786	0.744	0.340	0.140
190	0.720	0.790	0.784	0.748	0.343	0.140
200	0.717	0.789	0.783	0.752	0.347	0.140
210	0.713	0.788	0.780	0.755	0.350	0.141
220	0.710	0.786	0.778	0.757	0.354	0.141
230	0.707	0.783	0.774	0.758	0.357	0.141
240	0.704	0.780	0.771	0.759	0.360	0.141
250	0.701	0.777	0.768	0.759	0.363	0.142
260	0.698	0.773	0.764	0.758	0.365	0.142
270	0.694	0.770	0.760	0.758	0.368	0.142
280	0.691	0.766	0.756	0.756	0.370	0.142

290	0.688	0.762	0.752	0.755	0.372	0.143
300	0.685	0.759	0.748	0.753	0.374	0.143
310	0.682	0.755	0.744	0.751	0.376	0.143
320	0.680	0.751	0.740	0.749	0.377	0.143
330	0.677	0.747	0.735	0.747	0.379	0.144
340	0.675	0.744	0.731	0.744	0.381	0.144
350	0.672	0.739	0.727	0.742	0.382	0.144
360	0.670	0.735	0.723	0.739	0.383	0.144

Figura 45

Curvas de absorbancia vs tiempo para la papa Peruanita a distintas temperaturas.

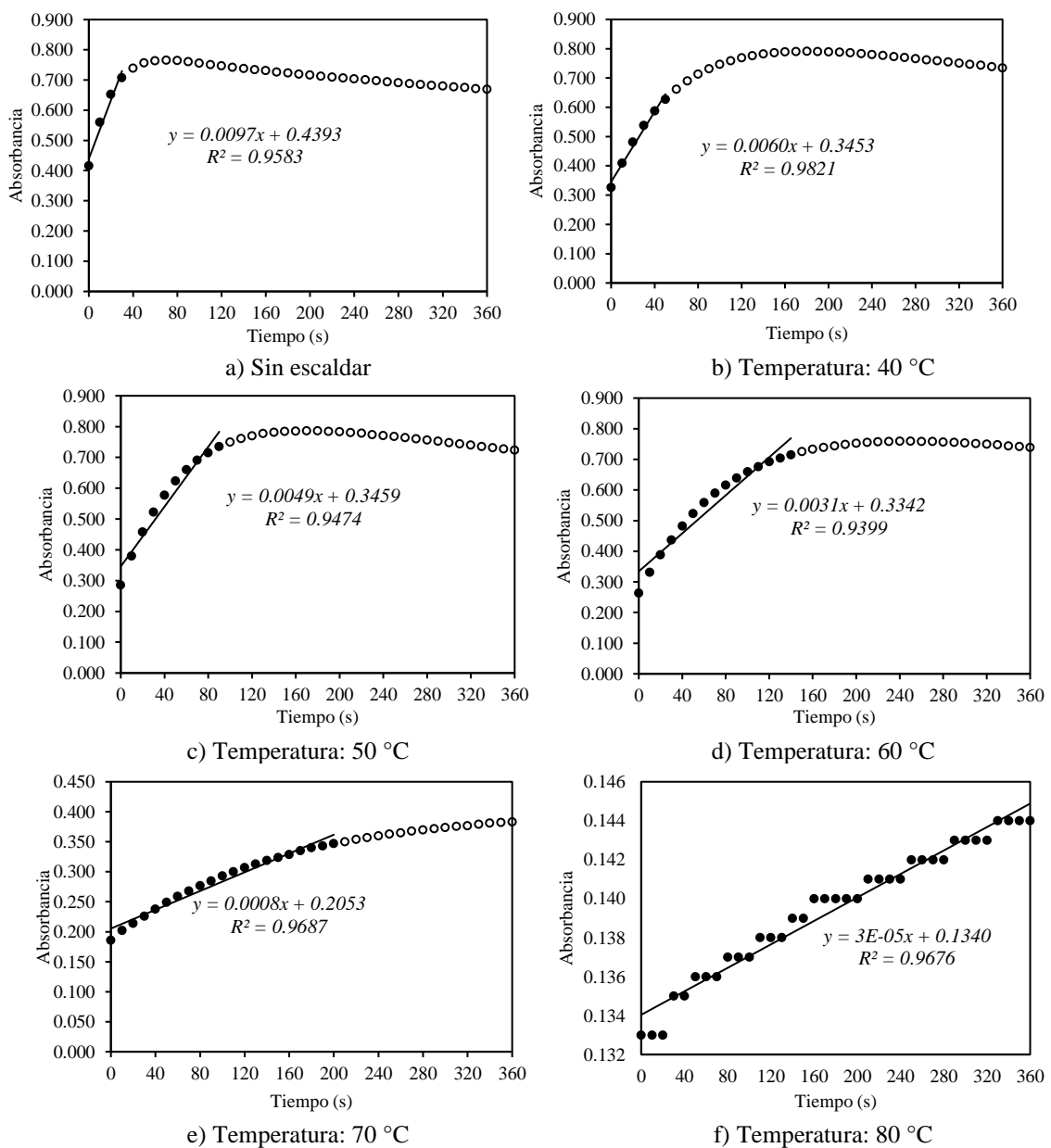


Tabla 41

Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Peruanita a distintas temperaturas.

Sin escaldar	Pendiente $\Delta A_{420\text{ nm}}/\Delta t$ (min^{-1})				
	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)				
	40	50	60	70	80
0.0097	0.0060	0.0049	0.0031	0.0008	0.00003

Tabla 42

Absorbancias en función del tiempo para la papa Peruanita a distintos tiempos de escaldado.

Tiempo (s)	Absorbancia					
	Sin escaldar	Tiempo de escaldado (s)				
		15	60	180	300	420
0	0.416	0.460	0.351	0.270	0.232	0.205
10	0.561	0.586	0.451	0.320	0.259	0.218
20	0.653	0.670	0.532	0.363	0.282	0.229
30	0.708	0.726	0.595	0.404	0.303	0.241
40	0.739	0.762	0.645	0.441	0.322	0.252
50	0.757	0.783	0.684	0.476	0.341	0.262
60	0.764	0.795	0.713	0.508	0.358	0.272
70	0.766	0.801	0.734	0.537	0.374	0.281
80	0.765	0.804	0.749	0.564	0.389	0.290
90	0.761	0.803	0.764	0.589	0.404	0.299
100	0.756	0.801	0.768	0.611	0.418	0.307
110	0.751	0.796	0.772	0.633	0.431	0.315
120	0.747	0.792	0.774	0.651	0.443	0.321
130	0.742	0.788	0.775	0.668	0.456	0.329
140	0.738	0.783	0.774	0.683	0.467	0.335
150	0.734	0.779	0.772	0.697	0.480	0.341
160	0.731	0.774	0.770	0.709	0.490	0.347
170	0.727	0.770	0.767	0.721	0.500	0.353
180	0.724	0.766	0.763	0.732	0.510	0.359
190	0.720	0.762	0.759	0.741	0.518	0.364
200	0.717	0.758	0.756	0.749	0.526	0.369
210	0.713	0.754	0.752	0.757	0.535	0.374
220	0.710	0.750	0.747	0.763	0.543	0.379
230	0.707	0.746	0.743	0.770	0.550	0.384
240	0.704	0.743	0.739	0.776	0.557	0.388
250	0.701	0.739	0.736	0.780	0.563	0.392
260	0.698	0.736	0.733	0.784	0.570	0.394
270	0.694	0.733	0.730	0.787	0.576	0.397
280	0.691	0.730	0.726	0.790	0.582	0.400
290	0.688	0.727	0.723	0.793	0.587	0.404

300	0.685	0.724	0.719	0.796	0.593	0.407
310	0.682	0.720	0.716	0.798	0.598	0.409
320	0.680	0.717	0.712	0.799	0.603	0.412
330	0.677	0.715	0.710	0.801	0.607	0.415
340	0.675	0.712	0.706	0.802	0.611	0.417
350	0.672	0.708	0.703	0.803	0.615	0.419
360	0.670	0.705	0.701	0.803	0.619	0.421

Figura 46

Curvas de absorbancia vs tiempo del escaldado de la papa Peruanita a distintos tiempos.

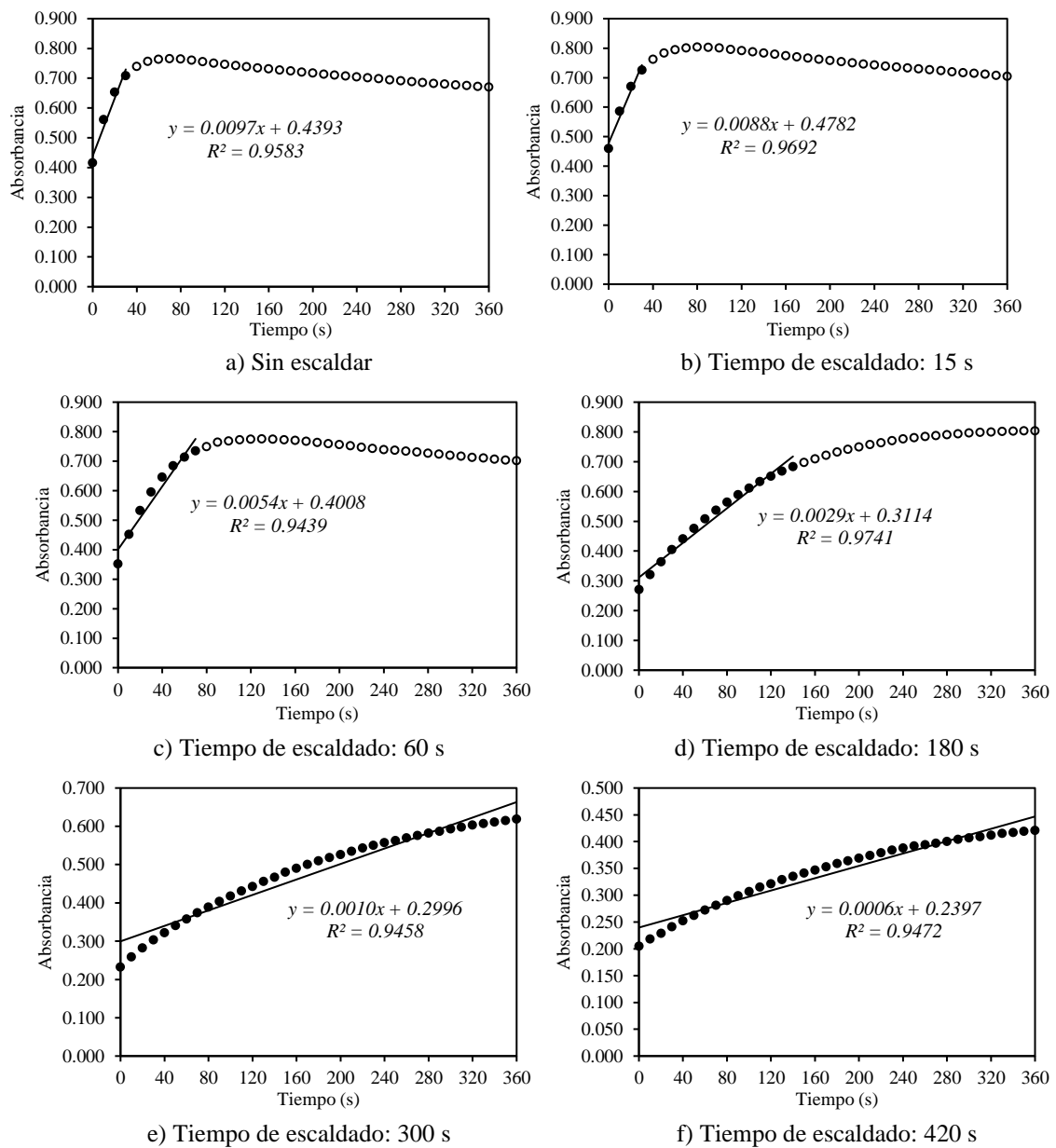


Tabla 43

Pendientes de la curva de absorbancia vs para la papa Peruanita a distintos tiempos de escaldado.

Sin escaldar	Pendiente $\Delta A_{420\text{ nm}}/\Delta t$ (min^{-1})				
	Tiempo de escaldado (s)				
	15	60	180	300	420
0.0097	0.0088	0.0054	0.0029	0.0010	0.0006

Tabla 44

Absorbancias en función del tiempo para la papa Peruanita a distintas concentraciones de ácido láctico.

Tiempo (s)	Absorbancia					
	Sin escaldar	Concentración de ácido láctico (%)				
		0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
0	0.327	0.289	0.255	0.281	0.202	0.215
10	0.434	0.380	0.323	0.353	0.237	0.241
20	0.516	0.451	0.379	0.413	0.268	0.269
30	0.579	0.509	0.426	0.464	0.295	0.289
40	0.628	0.558	0.467	0.510	0.322	0.312
50	0.666	0.600	0.503	0.550	0.345	0.332
60	0.696	0.633	0.536	0.585	0.367	0.351
70	0.717	0.662	0.565	0.615	0.387	0.369
80	0.735	0.685	0.590	0.641	0.406	0.386
90	0.747	0.705	0.613	0.663	0.425	0.401
100	0.756	0.721	0.633	0.682	0.442	0.416
110	0.762	0.734	0.650	0.699	0.458	0.430
120	0.766	0.744	0.666	0.714	0.473	0.444
130	0.768	0.753	0.679	0.726	0.486	0.455
140	0.769	0.760	0.692	0.738	0.500	0.466
150	0.769	0.766	0.702	0.748	0.511	0.476
160	0.767	0.770	0.712	0.756	0.522	0.485
170	0.765	0.772	0.720	0.763	0.532	0.493
180	0.762	0.773	0.728	0.770	0.541	0.501
190	0.759	0.774	0.734	0.775	0.550	0.508
200	0.756	0.774	0.740	0.779	0.558	0.514
210	0.752	0.773	0.745	0.783	0.566	0.519
220	0.748	0.772	0.749	0.786	0.573	0.525
230	0.744	0.771	0.753	0.788	0.579	0.529
240	0.740	0.769	0.756	0.789	0.586	0.533
250	0.736	0.767	0.758	0.790	0.591	0.538
260	0.731	0.764	0.760	0.791	0.597	0.541
270	0.727	0.762	0.761	0.791	0.602	0.545
280	0.723	0.759	0.762	0.790	0.606	0.548
290	0.719	0.756	0.763	0.790	0.609	0.551

300	0.715	0.752	0.763	0.788	0.613	0.554
310	0.711	0.749	0.763	0.787	0.616	0.557
320	0.707	0.745	0.763	0.785	0.619	0.559
330	0.703	0.742	0.762	0.783	0.622	0.561
340	0.699	0.738	0.761	0.781	0.625	0.562
350	0.695	0.735	0.760	0.779	0.628	0.564
360	0.692	0.731	0.759	0.777	0.630	0.565

Figura 47

Curvas de absorbancia vs tiempo para la papa Peruanita a distintas concentraciones de ácido láctico.

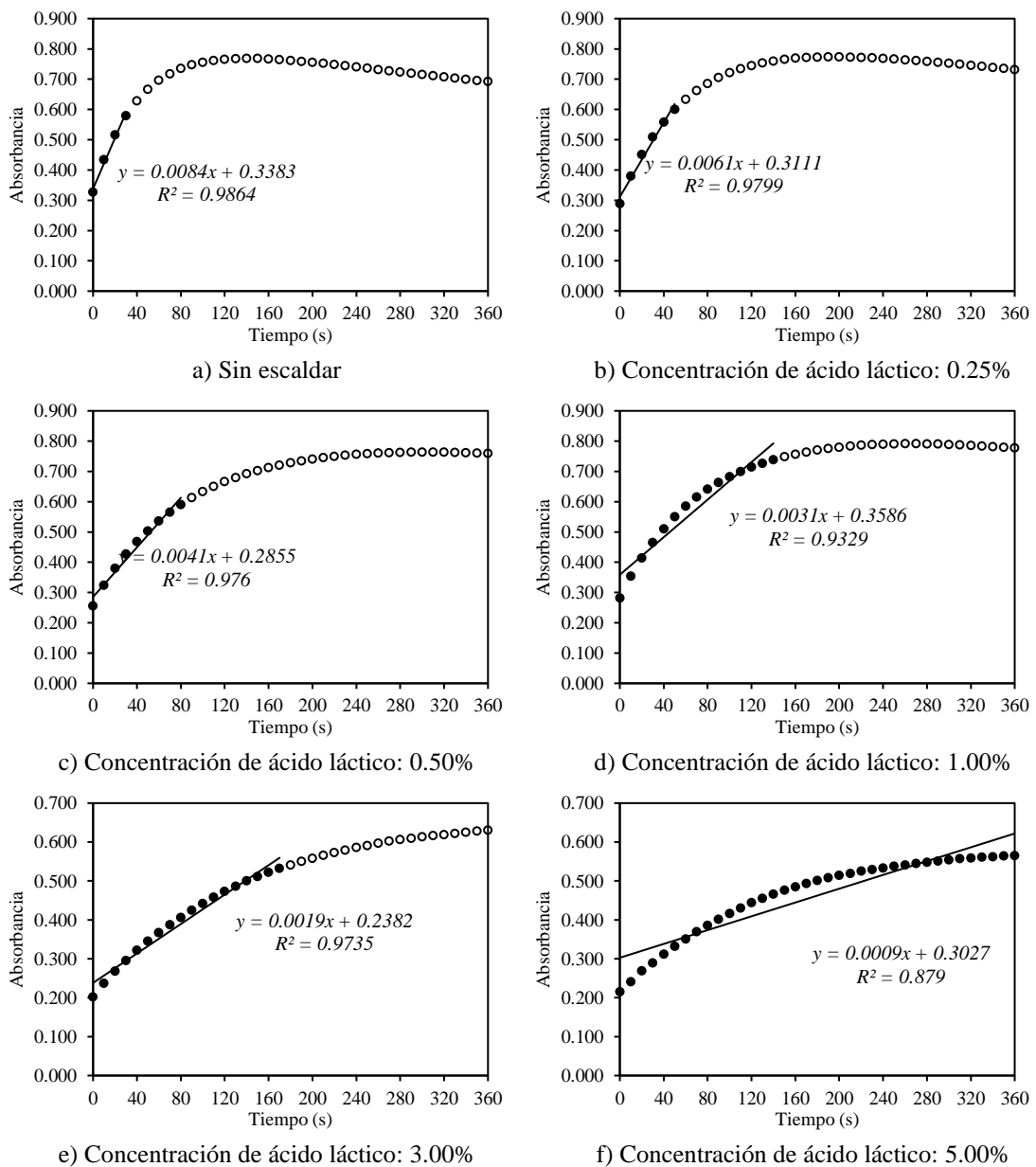


Tabla 45

Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Peruanita a distintas concentraciones de ácido láctico.

Sin esaldar	Pendiente $\Delta A_{420\text{ nm}}/\Delta t$ (min^{-1})				
	Concentración de ácido láctico (%)				
	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
0.0084	0.0061	0.0041	0.0031	0.0019	0.0009

Tabla 46

Absorbancias en función del tiempo para la papa Peruanita a distintas concentraciones de cloruro de calcio.

Tiempo (s)	Absorbancia					
	Sin esaldar	Concentración de cloruro de calcio (%)				
		0.05	0.10	0.30	0.50	0.70
0	0.327	0.292	0.289	0.307	0.256	0.259
10	0.434	0.378	0.361	0.374	0.321	0.322
20	0.516	0.446	0.423	0.432	0.373	0.374
30	0.579	0.502	0.477	0.481	0.418	0.418
40	0.628	0.548	0.523	0.521	0.459	0.456
50	0.666	0.587	0.563	0.556	0.497	0.490
60	0.696	0.622	0.597	0.587	0.530	0.521
70	0.717	0.653	0.627	0.615	0.560	0.549
80	0.735	0.677	0.653	0.639	0.585	0.573
90	0.747	0.697	0.676	0.661	0.608	0.594
100	0.756	0.714	0.695	0.680	0.628	0.613
110	0.762	0.729	0.712	0.696	0.646	0.630
120	0.766	0.740	0.727	0.710	0.663	0.645
130	0.768	0.751	0.740	0.723	0.677	0.658
140	0.769	0.761	0.750	0.734	0.690	0.670
150	0.769	0.769	0.759	0.745	0.701	0.681
160	0.767	0.775	0.767	0.753	0.712	0.690
170	0.765	0.780	0.773	0.761	0.721	0.699
180	0.762	0.784	0.778	0.768	0.728	0.707
190	0.759	0.787	0.782	0.773	0.735	0.713
200	0.756	0.789	0.785	0.778	0.741	0.719
210	0.752	0.789	0.788	0.782	0.746	0.724
220	0.748	0.789	0.789	0.785	0.750	0.728
230	0.744	0.789	0.790	0.788	0.754	0.732
240	0.740	0.788	0.791	0.791	0.757	0.736
250	0.736	0.787	0.790	0.793	0.759	0.739
260	0.731	0.785	0.790	0.795	0.761	0.741
270	0.727	0.783	0.789	0.796	0.762	0.742
280	0.723	0.781	0.788	0.796	0.763	0.744

290	0.719	0.778	0.786	0.796	0.764	0.745
300	0.715	0.775	0.785	0.796	0.764	0.745
310	0.711	0.772	0.782	0.795	0.764	0.745
320	0.707	0.769	0.780	0.794	0.764	0.745
330	0.703	0.766	0.777	0.793	0.764	0.745
340	0.699	0.763	0.774	0.792	0.763	0.744
350	0.695	0.760	0.771	0.790	0.762	0.743
360	0.692	0.756	0.768	0.788	0.761	0.742

Figura 48

Curvas de absorbancia vs tiempo para la papa Peruanita a distintas concentraciones de cloruro de calcio.

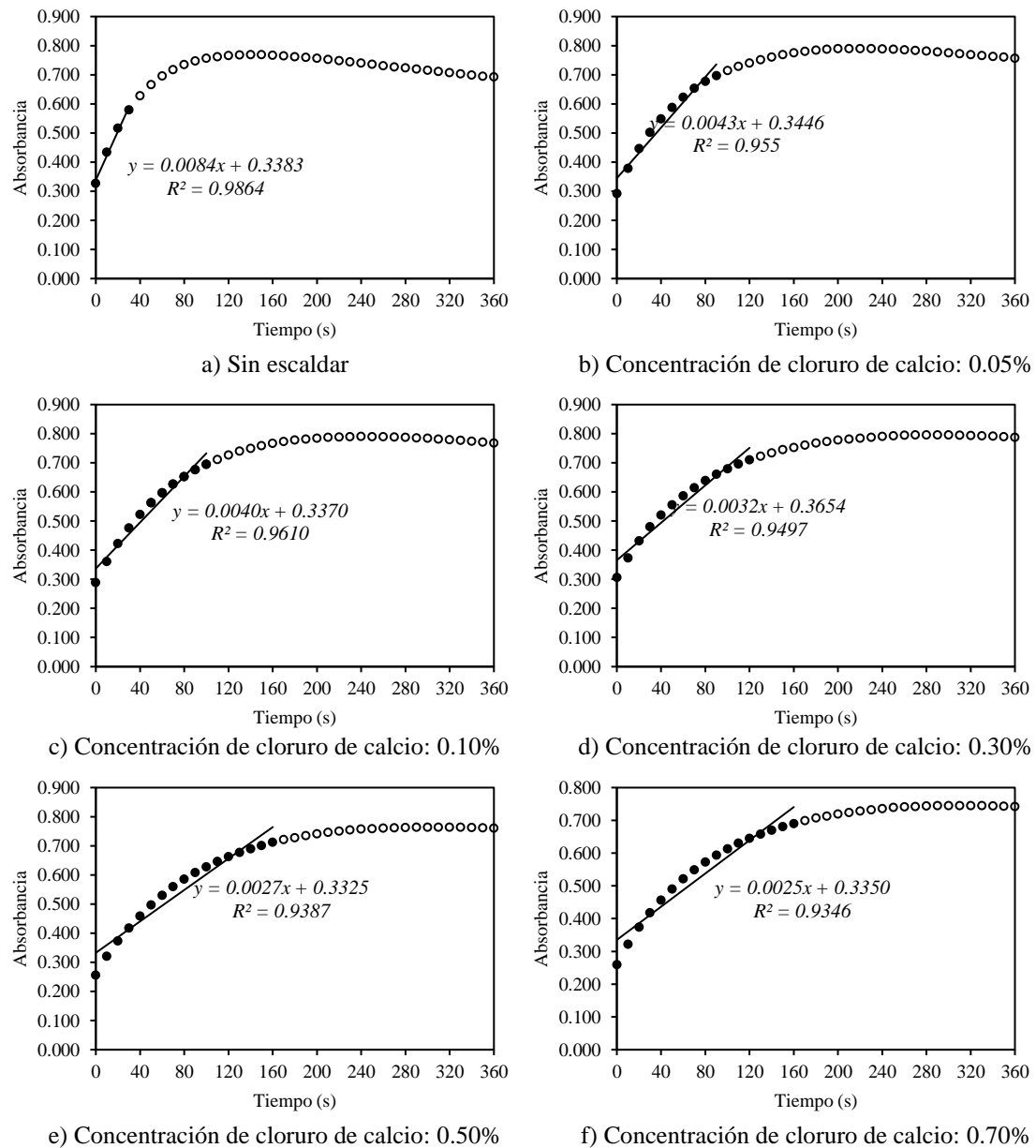
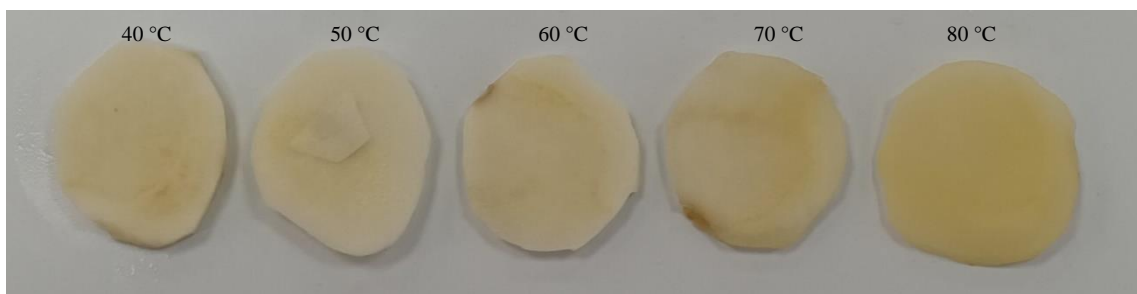


Tabla 47

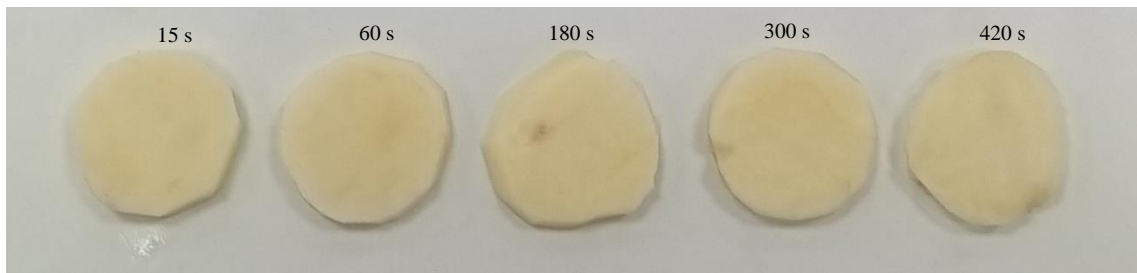
Pendientes de la curva de absorbancia vs tiempo para la papa Peruanita a distintas concentraciones de cloruro de calcio.

Sin escaldar	Pendiente $\Delta A_{420 \text{ nm}}/\Delta t$ (min^{-1})				
	Concentración de cloruro de calcio (%)				
	0.05	0.10	0.30	0.50	0.70
0.0084	0.0043	0.0040	0.0032	0.0027	0.0025

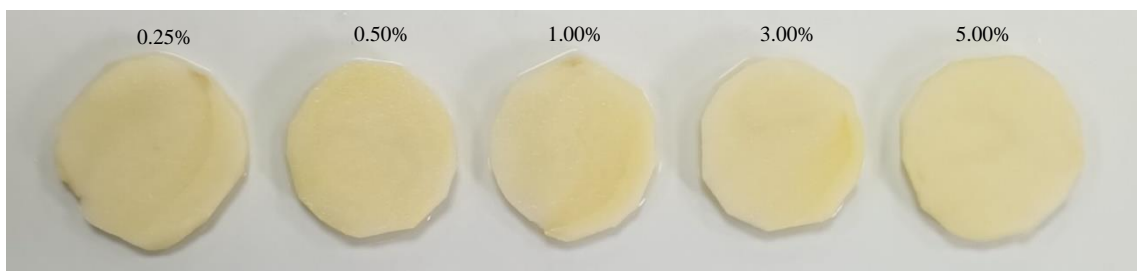
ANEXO 9. Panel de imágenes



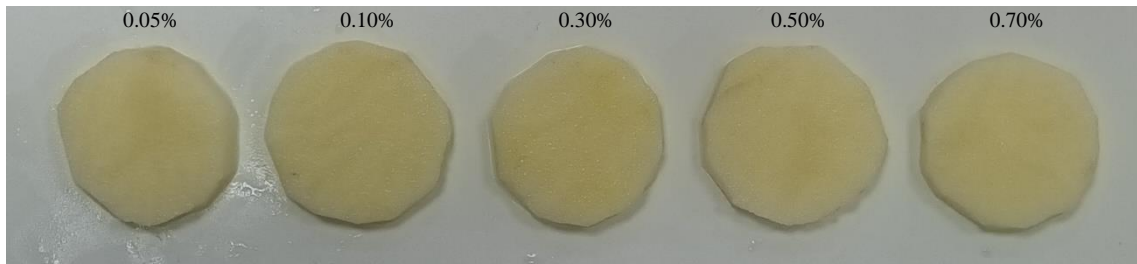
a) Efecto de la temperatura



b) Efecto del tiempo

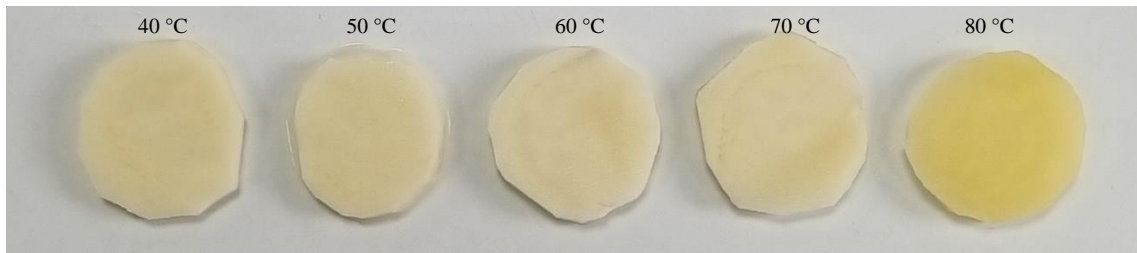


c) Efecto del ácido láctico

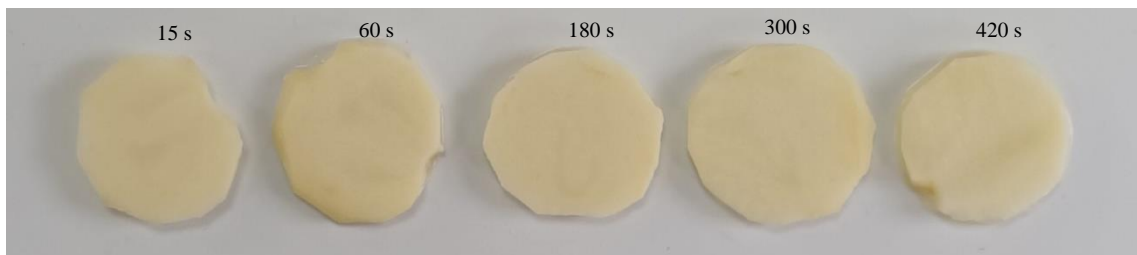


d) Efecto del cloruro de calcio

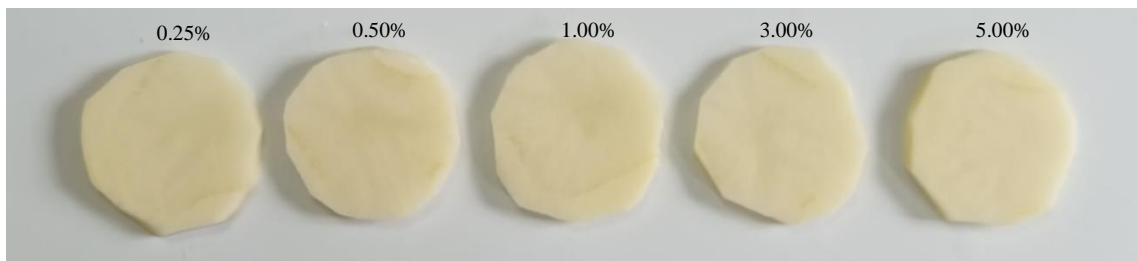
Imagen 1. Muestras escaldadas de la variedad de papa Yana Imilla.



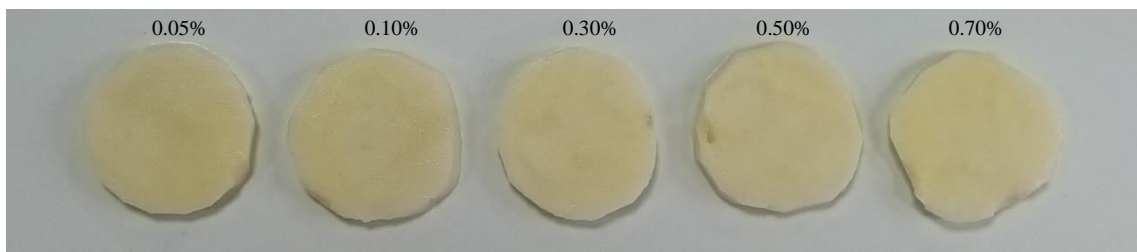
a) Efecto de la temperatura



b) Efecto del tiempo

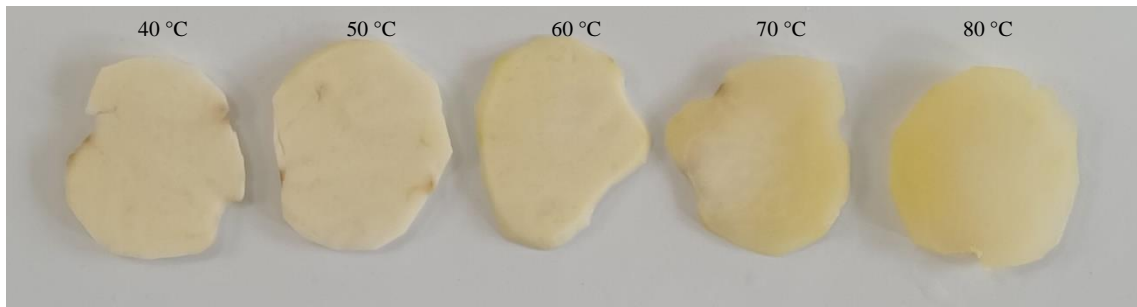


c) Efecto del ácido láctico

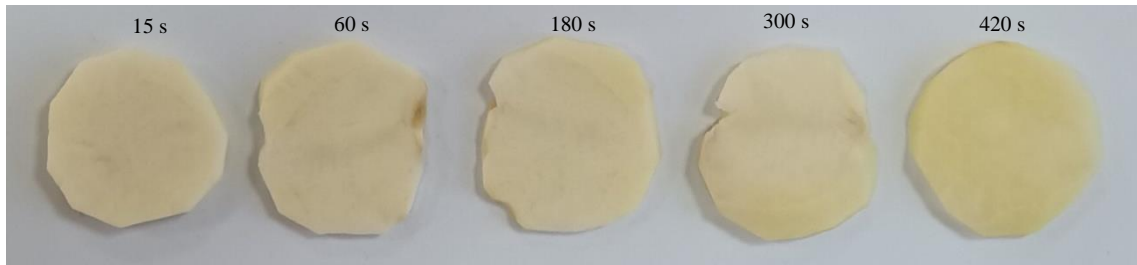


d) Efecto del cloruro de calcio

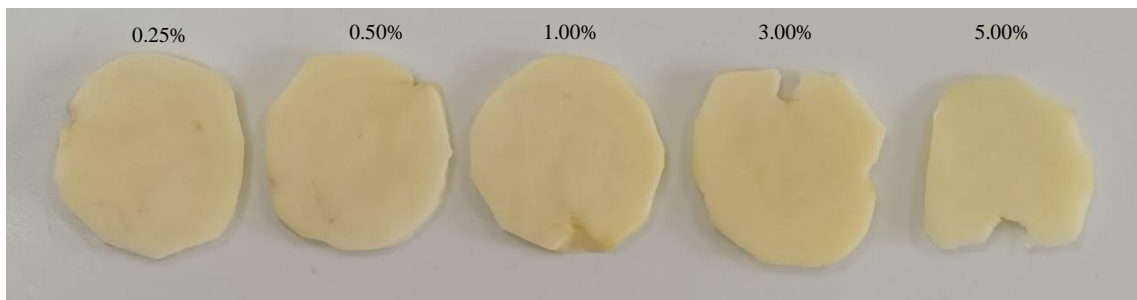
Imagen 2. Muestras escaldadas de la variedad de papa Ccompis.



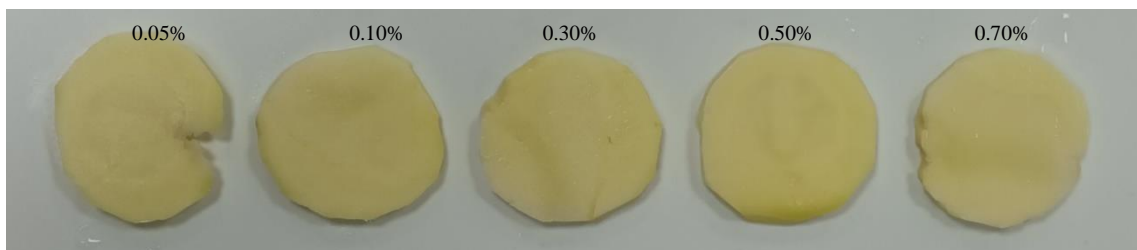
a) Efecto de la temperatura



b) Efecto del tiempo



c) Efecto del ácido láctico



d) Efecto del cloruro de calcio

Imagen 3. Muestras escaldadas de la variedad de papa Peruanita.

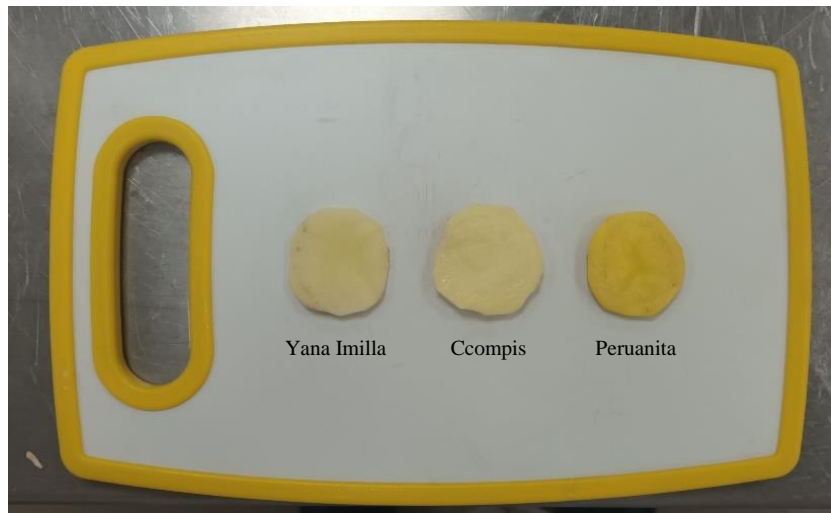


Imagen 4. Muestras de papa sin escaldar.



Imagen 5. Pelado de la papa.



Imagen 6. Cortado en rodajas de la papa.



Imagen 7. Medición de volumen de las soluciones.



Imagen 8. Equipo de baño maría para el escaldado.



Imagen 9. Inmersión de las muestras de papa.

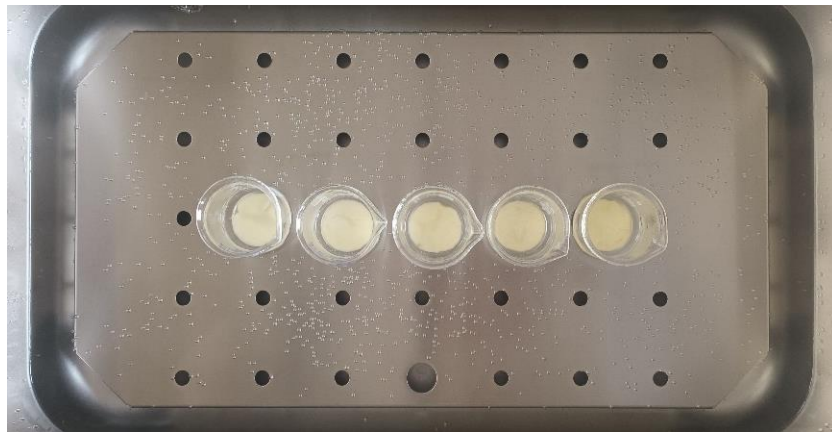
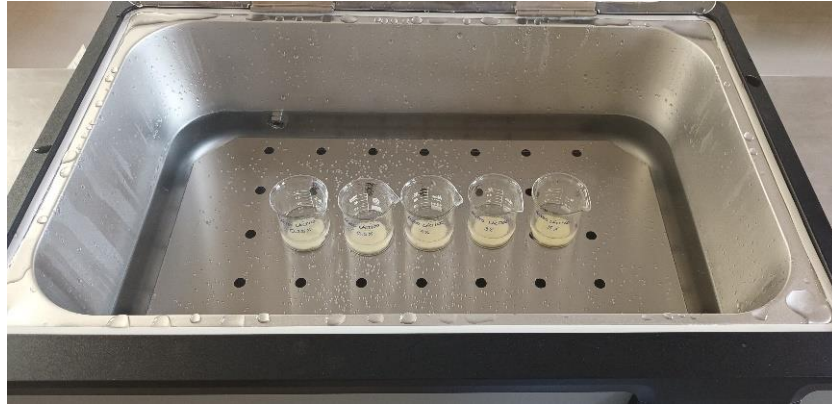


Imagen 10. Escaldado de las muestras de papa.



Imagen 11. Enfriado de las muestras en agua.

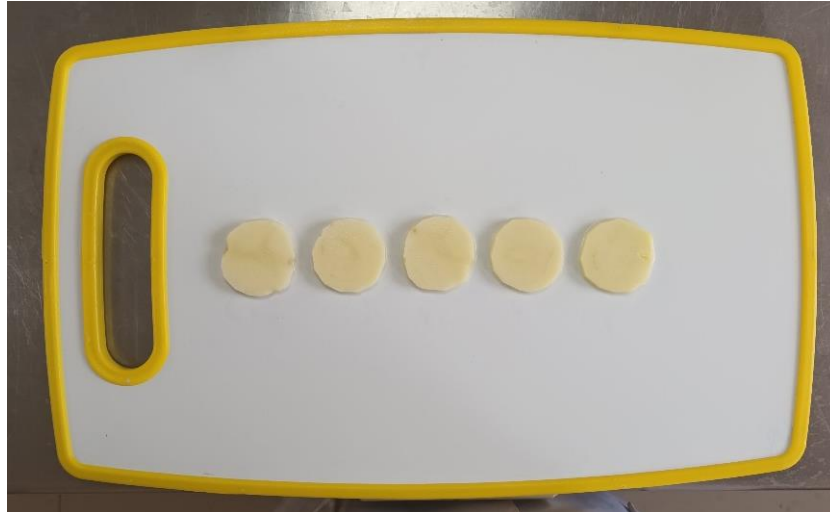


Imagen 12. Muestras de papa después del escaldado.



Imagen 13. Embolsado de las muestras escaldadas.



Imagen 14. Trituración de las muestras escaldadas.

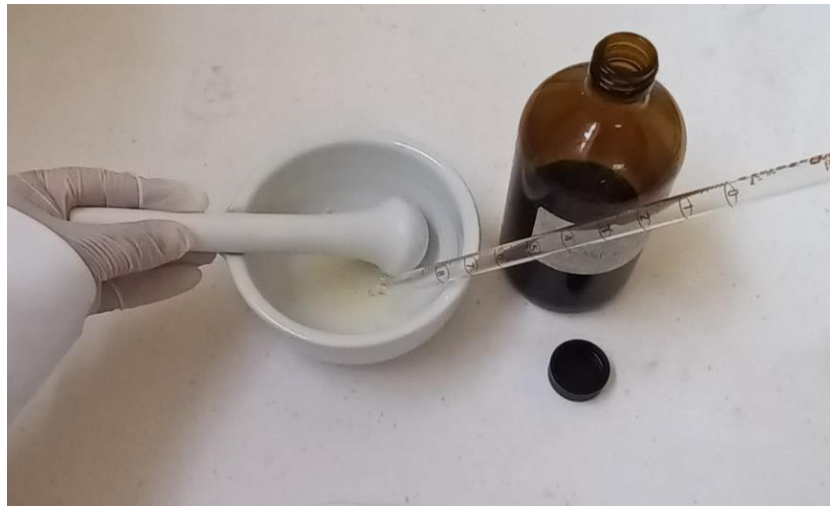


Imagen 15. Adición del buffer McIlvaine pH 6.5.



Imagen 16. Filtración del extracto enzimático.



Imagen 17. Extractos enzimáticos.

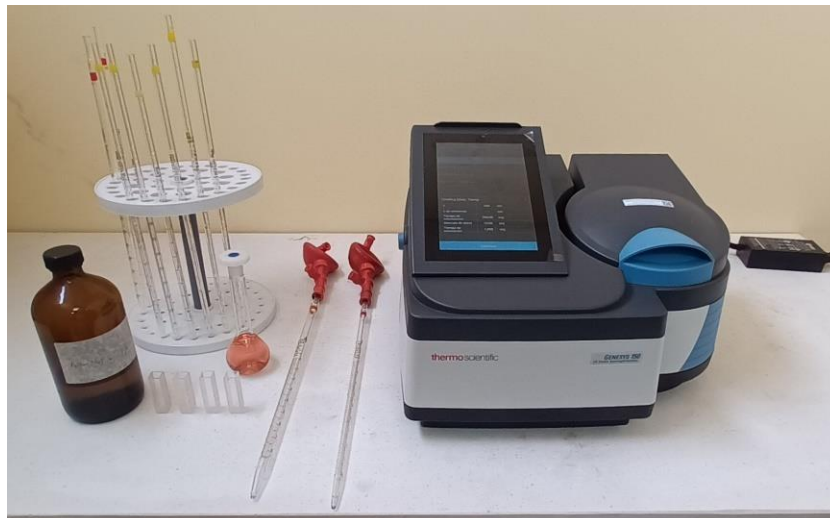


Imagen 18. Equipamiento para la medición de las absorbancias.

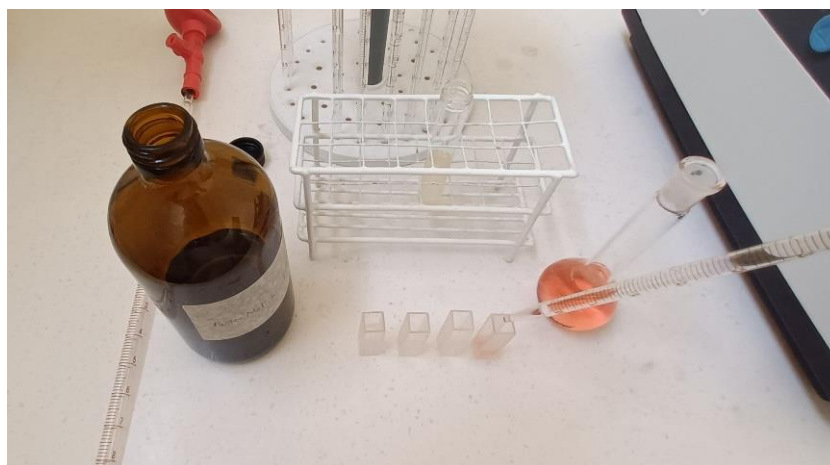


Imagen 19. Adición de la solución de catecol en las celdas del espectrofotómetro.



Imagen 20. Lecturas de absorbancia en el espectrofotómetro.



CONSTANCIA

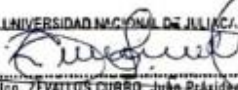
EL QUE SUSCRIBE, RESPONSABLE DE LOS LABORATORIOS GENERALES Y GABINETES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA.

HACE CONSTAR:

Que la Bach. Juana Marisol Chaparro Mamani, egresada de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano, ha ejecutado el proyecto de tesis titulado **"INHIBICIÓN DEL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO EN TRES VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum*) MEDIANTE EL ESCALDADO CON ÁCIDO LÁCTICO Y CLORURO DE CALCIO"**, desde el 06 de marzo hasta el 26 de mayo del presente año según el cronograma presentado.

Se expide el presente documento a solicitud de la interesada para los usos y fines que estime por conveniente.

Juliaca, 18 de diciembre del 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

Ing. ZEVALLOS CURRO, Juan Práxedes
RESPONSABLE DE LABORATORIOS GENERAL Y GABINETES



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Juana Marisol Chaparro Marrani
identificado con DNI 4694003 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ingeniería Química

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" Inhibición del pardeamiento Enzimático en tres Variedades
de papa (Solanum tuberosum) mediante el escaldado con
ácido láctico y Cloruro de Calcio "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 19 de Enero del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Juanq Marisol Chaparro Mamoni,
identificado con DNI 46694003 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Química
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" Inhibición del Perdecamiento Enzimático en tres Variedades de papa (Solanum tuberosum) mediante el escaldado con agua lactea y Cloruro de Calcio "

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexas, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 19 de Enero del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella