

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias



Efectos de la aplicación de pulsos de vacío y concentración del líquido de cobertura en un encurtido de ají (*Capsicum chinense*) accesión dulce rojo

**Tesis presentada como requisito para optar el
Título Profesional de Ingeniero de Alimentos**

Por:

Antonio Carlos Lanza Pacheco

Asesor:

Mg. Sc Daniel Sumire Qquenta

Coasesor:

Lic. Fredy Enrique Quispe Jacobo

Lima, mayo de 2021

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

Código Orcid del asesor o asesores:

Asesor: MgSc Daniel Sumire Qquenta  <https://orcid.org/0000-0002-4212-7267>

Co-asesor: Fredy Quispe Jacobo  <https://orcid.org/0000-0002-5446-2468>

Institución que financió la investigación:

Trabajo de investigación fue financiado por el “Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA” del Ministerio de Agricultura en el Área de Valoración y Uso de los Recursos Genéticos de la Dirección de Recursos Genéticos y Biotecnología.

Laboratorio “Investigación nutricional y funcional de los recursos genéticos” Sede central “La Molina- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)”. La Molina - PERU

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Yo Daniel Sumire Qquenta, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE PULSOS DE VACÍO Y CONCENTRACIÓN DEL LÍQUIDO DE COBERTURA EN UN ENCURTIDO DE AJÍ (*Capsicum chinense*) ACCESIÓN DULCE ROJO”** constituye la memoria que presenta el bachiller Antonio Carlos Lanza Pacheco para obtener el título de profesional de ingeniero de alimentos, cuya tesis ha sido realizada en las instalaciones del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) bajo mi asesoría y la co asesoría del Lic. Fredy Enrique Quispe Jacobo.

Las opiniones y declaraciones en este informe, son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a ambas instituciones.

Y estando de acuerdo, firmamos la presente declaración en la ciudad de Lima a los 7 días del mes de junio del año 2021



MgSc Daniel Sumire Qquenta



Lic. Fredy Enrique Quispe Jacobo

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **04** días día(s) del mes de junio del año 2021 siendo las 11:00 horas, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: MSc. Santiago Ramírez López, el secretario: Ph.D. Silvia Pilco Quesada. y los demás miembros: Dra. Amparo Eccoña Sota y el asesor MgSc. Daniel Sumire Quenta, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Efectos de la aplicación de pulsos de vacío y concentración del líquido de cobertura en un encurtido de ají (*Capsicum chinense*) accesión dulce rojo"

de el(los)/la(las) bachiller/es: a) ... **ANTONIO CARLOS LANZA PACHECO**

b).....

conducente a la obtención del título profesional de ...**INGENIERO DE ALIMENTOS**

(Nombre del Título Profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): **ANTONIO CARLOS LANZA PACHECO**

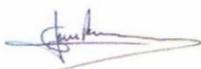
CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	Muy Bueno	Sobresaliente

Candidato (b):

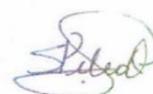
CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

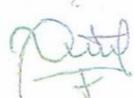
Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.



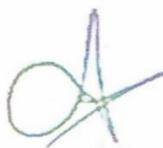
Presidente
MSc. Santiago
Ramírez López



Secretario
Ph.D. Silvia Pilco
Quesada



Asesor
MgSc. Daniel
Sumire Quenta



Miembro
Dra. Amparo
Eccoña Sota



Candidato/a (a)
Antonio Carlos
Lanza Pacheco

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre, Antonio Jorge Lanza Rodríguez, que en vida me dio todo su cariño y apoyo hasta el último momento.

A mi madre, Amparo Pacheco Ccalla, por su infinito apoyo y amor durante mi vida.

A mis hermanos, Dafne, Dante y Adeli, por estar siempre a mi lado.

A mi tía, Francisca Urquizo Calla, por apoyarme constantemente y alentarme a salir adelante.

A mi tío, Dante Ubaldo Pacheco Calla, por su incondicional apoyo y aliento para conseguir mis metas.

A mi novia, Nely Damaris Ticona Añazco, por ser mi cómplice, mi compañera, mi apoyo en momentos difíciles y por su inmenso afecto.

A mi amiga, Guiliana Chávez Ruiz, por su más sincera amistad, por animarme a terminar este proyecto y nunca desistir de mis metas.

A mi amiga, Darcy Montes Calla, por su amistad, por querer siempre lo mejor para mí, y por ser un apoyo en mi vida.

A mis amigos, Benson Canchaco, Boris Abel Solórzano Mendoza, Gary Apaza y a Jonathan Endara, por ser grandes personas y por brindarme su amistad.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos, a su plana docente por haber contribuido en mi formación profesional.

Al Laboratorio de Investigación Nutricional de los Recursos Genéticos de la Subdirección de Recursos Genéticos, Dirección de Recursos Genéticos y Biotecnología del Instituto Nacional de Innovación Agraria, INIA, por las facilidades para realizar mi tesis.

Al MgSc. Percy Reyes Javier, por asesorar las primeras etapas de este proyecto, y poner las bases para formular este trabajo de investigación.

Al MgSc. Daniel Sumire Quenta, por asesorar este proyecto con sus acertados aportes para mejorar este trabajo de investigación

Al Lic. Fredy Enrique Quispe Jacobo, por el apoyo brindado en la ejecución de este trabajo y la oportunidad de laborar en el proyecto “Evaluación el comportamiento y manejo poscosecha de cultivares promisorios de ajíes nativos bajo las condiciones agroecológicas de la costa peruana con miras a establecer su cultivo y aprovisionamiento sostenible para el sector gastronómico”.

A la Ing. Karina Beatriz Ccapa Ramírez, por su gran y valioso aporte en la ejecución, en enseñarme los métodos analíticos y sus aportes para mejorar este proyecto

A la Q.F Lis Sánchez Albornoz, por su apoyo en el análisis proximal del ají dulce rojo.

A la técnica Teodocia Vega, por apoyar en la cosecha del ají dulce rojo.

Al Ing. Edwin Paul Salcedo Herrera, por sus aportes en el desarrollo de este trabajo.

A mis amigos Ana Rucabado, Diego Chirinos, Hans Amao, Julissa Condori, Rocío Galindo, Carlos Medina, Karen Magallanes, Annie Yumpiri y Zully Flores que contribuyeron al desarrollo de este proyecto.

ABREVIATURAS

INIA: Instituto Nacional de Innovación Agraria

E.E.A: Estación Experimental Agraria

UNALM: Universidad Nacional Agraria la Molina

DRGB: Dirección de Recursos Genéticos y Biotecnología

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

USDA: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

AOAC: Official Methods of Analysis

OMS: Organización Mundial de la Salud

ANOVA: Análisis de Varianza

BHT: Butil Hidroxitolueno

mbar: milibares

MPa: mega pascuales

PV: pulso de vacío

°C: grados centígrados

g: gramos

mg: miligramos

kg: kilogramos

ml: mililitros

nm: Nanómetros

RPM: revoluciones por minuto

Min: minutos

L*: luminosidad

a*: coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde)

b*: coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

SG: ganancia de solutos

WL: pérdida de agua

DO: deshidratación osmótica

DOPV: deshidratación osmótica con pulsos de vacío

pH: potencial de hidrogeniones

RESUMEN

Se estudiaron los efectos de la aplicación de pulsos de vacío (600mbar y 200mbar) por 30 min, cada 30 días en un período de almacenamiento de 120 días, y también se evaluaron los efectos de las diferentes concentraciones de vinagre (50% y 100%) y sal (3% y 5%) en el líquido de cobertura sobre los pigmentos del ají dulce rojo (índice de color, β -carotenos), propiedades fisicoquímicas del líquido de cobertura (pH, acidez y sólidos solubles) y parámetros de transferencia de masa (GS y WL) del ají dulce rojo encurtido, se aplicó un diseño factorial 2³ analizado mediante un ANOVA de medias repetidas. Los resultados mostraron que los pulsos de vacío, el tiempo, las concentraciones de vinagre y sal mostraron efectos significativos en la pérdida de color y carotenoides. El pH y la acidez del líquido de gobierno fueron influenciados por los pulsos de vacío, las concentraciones de vinagre/sal en el líquido de cobertura y el tiempo de almacenamiento, los valores de pH a los 120 días de almacenamiento son de 3.21 - 3.49, el fruto del ají llegó a una acidez entre 8.26% de ácido acético a 14.01% de ácido acético. Los sólidos solubles en el líquido de cobertura, mostraron resultados entre 6.30 °Brix - 8.90 °Brix los cuales fueron influenciados significativamente, por la concentración de vinagre/sal en el líquido de cobertura, como también por los pulsos de vacío y el tiempo de almacenamiento. En cuanto los parámetros de transferencia de masa SG (0.70g-1.14g) y WL (1.11g-2.58g) fue influenciada significativamente por los pulsos de vacío y las concentraciones de sal, en el líquido de cobertura, los pulsos de vacío 600mbar y 200mbar como las concentraciones de sal de 3% y 5% no generan taponamientos en las cavidades celulares, demostrando así, que estos parámetros son aptos para el procesamiento de encurtidos de ají dulce rojo.

Palabras claves: encurtido, pulso de vacío, pigmentos, transferencia de masa

ABSTRACT

The effects of applying vacuum pulses (600mbar and 200mbar) for 30 min, every 30 days in a storage period of 120 days were studied and the effects of the different concentrations of vinegar (50% and 100%) and salt (3% and 5%) in the covering liquid on the pigments of the red sweet pepper (color index, β -carotenes), physicochemical properties of the covering liquid (pH, acidity and soluble solids) and mass transfer parameters (GS and WL) of the pickled red sweet pepper, a 23 factorial design was applied, analyzed by means of an ANOVA of repeated means. The results showed that vacuum pulses, time, vinegar and salt concentrations showed significant effects on loss of color and carotenoids. The pH and acidity of the governing liquid were influenced by the vacuum pulses, the vinegar / salt concentrations in the covering liquid and the storage time, the pH values after 120 days of storage are 3.21 - 3.49, the fruit of the chili pepper reached an acidity between 8.26% acetic acid and 14.01% acetic acid. The soluble solids in the covering liquid showed results between 6.30 ° Brix - 8.90 ° Brix which were significantly influenced by the concentration of vinegar / salt in the covering liquid, as well as by the vacuum pulses and the storage time. As for the mass transfer parameters SG (0.70g-1.14g) and WL (1.11g-2.58g) it was significantly influenced by the vacuum pulses and the salt concentrations in the covering liquid, the vacuum pulses 600mbar and 200mbar and salt concentrations of 3% and 5% do not generate clogging in cell cavities, thus demonstrating that these parameters are suitable for processing red sweet pepper pickles.

Keywords: pickle, vacuum pulse, pigments, mass transfer

Índice general

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS.....	iii
Capítulo I. El problema	19
Capítulo II. Revisión de literatura	21
2.1 Ají (<i>Capsicum ssp</i>).....	21
2.1.1 Taxonomía del género <i>capsicum ssp</i>	21
2.1.2 Condiciones de cultivo	22
2.1.3. Ají fresco.....	22
2.1.4 Ají Deshidratado	27
2.1.5 Ajés en salmuera o ajés encurtidos	27
2.1.6 Beneficios para la salud	27
2.2 Carotenoides.....	28
2.2.1 Factores que influyen en la degradación de los carotenoides	28
2.3 Hortalizas en encurtido	29
2.3.1 Ingredientes para preparar hortalizas en encurtido	32
2.3.2 Procesos para la elaboración de encurtido	33
2.4 Impregnación al vacío	39
2.5 Diseños con medias repetidas	40
Capítulo III. Materiales y métodos.....	41
3.1 Lugar de ejecución	41
3.2 Materia prima.....	41
3.3 Materiales, equipos y reactivos.....	42
3.3.1 Materiales de vidrio.....	42

3.3.2	Materiales de metal	43
3.3.3	Materiales varios	43
3.3.4	Equipos.....	44
3.3.5	Reactivos	45
3.4	Metodología experimental	45
3.4.1	Elaboración de encurtido de ají de la accesión rojo dulce	45
3.4.2	Metodología para la impregnación al vacío	47
3.4.3	Metodología de análisis proximal del ají de la accesión dulce rojo.....	48
3.4.4	Análisis fisicoquímicos del encurtido de ají de la accesión dulce rojo.....	49
3.4.5	Determinación de color en ají encurtido	50
3.4.6	Determinación del índice de color	50
3.4.7	Cálculo de parámetros de transferencia de masa en el ají encurtido.....	50
3.4.8	Análisis de carotenoides totales	51
3.5	Diseño estadístico	52
3.6	Esquema de trabajo	53
Capítulo IV. Resultados y discusión.....		55
4.1	Análisis proximal del ají dulce rojo	55
4.2	Efectos del pulso de vacío y concentración del líquido de cobertura sobre los pigmentos del ají dulce rojo (Capsicum Chinense) encurtido.	58
4.2.1	Índice de color.....	58
4.2.2	Carotenoides totales	63
4.3	Efectos del pulso de vacío y concentración del líquido de cobertura sobre las propiedades fisicoquímicas del encurtido de ají dulce rojo (Capsicum Chinense).	69
4.3.1	pH del líquido de cobertura.....	69

4.3.2	Acidez del ají dulce rojo	75
4.3.3	Sólidos solubles.....	80
4.4	Efectos del pulso de vacío, concentración del líquido de cobertura sobre los parámetros de transferencia de masa	84
4.4.1	Ganancia de solutos.....	84
4.4.2	Pérdida de agua	91
Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones		98
5.1	Conclusiones	98
5.2	Recomendaciones.....	99
Capítulo VII. Referencias.....		100
Anexos		108

Índice de tablas

Tabla 1.	Condiciones óptimas par a el crecimiento del Capsicum ssp.	22
Tabla 2.	Usos de algunas variedades de ají y el país donde se producen y/o consumen principalmente.....	23
Tabla 3.	Usos de algunas variedades de ajíes y el país donde se producen y/o consumen principalmente (continuación)	24
Tabla 4.	Usos de algunas variedades de ajíes y el país donde se producen y/o consumen principalmente (continuación)	25
Tabla 5.	Usos de algunas variedades de ajíes y el país donde se producen y/o consumen principalmente (continuación)	26
Tabla 6.	Valores reales y codificación de los tratamientos a evaluar, a través de un arreglo factorial 2 ³	52
Tabla 7.	Resultados del análisis proximal del ají dulce rojo.....	55
Tabla 8.	Composición proximal del capsicum ssp de otros estudios.....	57
Tabla 9.	Variación del índice de color en el tiempo	59
Tabla 10.	Variación del contenido de carotenoides totales en el tiempo	64
Tabla 11.	Variación del pH del líquido de cobertura en el tiempo	69
Tabla 12.	Variación de acidez del ají dulce rojo encurtido en el tiempo	75
Tabla 13.	Variación de los sólidos solubles en el tiempo	80
Tabla 14.	Resultados de la variación de la ganancia de solutos del ají encurtido.....	85
Tabla 15.	Resultados de la variación de la pérdida de agua (g) del ají encurtido.....	91
Tabla 16.	Resultados de la cuantificación de solución madre para la elaboración de la curva de calibración de los carotenoides totales	109
Tabla 17.	Variación del color en escala CIEL*a*b del ají dulce rojo fresco.....	110

Tabla 18.	Variación del color en escala CIEL*a*b del ají dulce rojo encurtido a 30 días de almacenamiento	110
Tabla 19.	Variación del color en escala CIEL*a*b del ají dulce rojo encurtido a 60 días de almacenamiento	110
Tabla 20.	Variación del color en escala CIEL*a*b del ají dulce rojo en encurtido a 90 días de almacenamiento.....	111
Tabla 21.	Variación del color en escala CIEL*a*b del ají dulce rojo en encurtido a 60 días de almacenamiento.....	111
Tabla 22.	Variación del % de sal en el líquido de gobierno del ají dulce rojo encurtido ...	112
Tabla 23.	Variación del peso en el ají dulce rojo encurtido.....	112
Tabla 24.	ANOVA de medias repetidas del contenido del índice de color	113
Tabla 25.	ANOVA de medias repetidas del contenido de carotenoides totales.....	114
Tabla 26.	ANOVA de medias repetidas del pH del líquido de gobierno.....	116
Tabla 27.	ANOVA de medias repetidas de la acidez del fruto de ají dulce rojo encurtido	118
Tabla 28.	ANOVA de medias repetidas del contenido de sólidos solubles.....	120
Tabla 29.	ANOVA de medias repetidas de la ganancia de solutos.....	122
Tabla 30.	ANOVA de medias repetidas de la pérdida de agua del ají dulce rojo encurtido	124

Índice de figuras

Figura 1.	Rango de crecimiento de pH aproximado para algunos microorganismos transmitidos por alimentos (Jay, 2000)	31
Figura 2.	Ubicación de la E.E.A Donoso-Huaral www.INIA.gob.pe	41
Figura 3.	Diagrama de flujo para la elaboración del encurtido de ají, adaptado de (Binsted, et al., 1962; Codex alimentarius, 2015; USDA, 2015).	46
Figura 4.	Esquema experimental de la evaluación de los efectos de presión de vacío, % vinagre y % sal en el proceso de encurtido de ají dulce rojo (<i>Capsicum chinense</i> Jacq)	54
Figura 5.	Interacción de tiempo y la presión de vacío sobre el IC	60
Figura 6.	Interacción de tiempo y el % de vinagre sobre el IC	61
Figura 7.	Interacción de tiempo y sal en IC.....	62
Figura 8.	Interacción de tiempo y pulso de vacío sobre la concentración de carotenoides totales del ají dulce rojo en encurtido	66
Figura 9.	Interacción de tiempo y vinagre sobre los carotenoides totales.....	67
Figura 10.	Interacción de tiempo y sal sobre los carotenoides totales	68
Figura 11.	Interacción de tiempo y la presión de vacío en pH.....	71
Figura 12.	Interacción de tiempo y vinagre en pH	72
Figura 13.	Interacción de tiempo y sal en pH.....	73
Figura 14.	Interacción de tiempo y la presión de vacío en Acidez.....	76
Figura 15.	Interacción de tiempo y vinagre en Acidez.....	77
Figura 16.	Interacción de tiempo y sal en Acidez	78
Figura 17.	Interacción de tiempo y los pulsos de vacío en °Brix	81
Figura 18.	Interacción de tiempo y vinagre en °Brix	82
Figura 19.	Interacción de tiempo y sal en °Brix.....	83

Figura 20. Intercambio de masa entre tejido del producto y solución osmótica durante el procesamiento osmótico (Lazarides, 2001).	84
Figura 21. Interacción de tiempo y la presión de vacío en SG.....	86
Figura 22. Interacción de tiempo y vinagre en SG.....	87
Figura 23. Interacción de tiempo y sal en SG	88
Figura 24. Interacción de tiempo y la presión de vacío en WL.....	93
Figura 25. Interacción de tiempo y vinagre en WL.....	94
Figura 26. Interacción de tiempo y sal en WL	95
Figura 27. Curva de calibración para calcular el contenido de carotenoides totales.....	109
Figura 28. Normalidad de los residuos de los datos de IC	113
Figura 29. Interacción de tiempo y la presión de vacío en IC con vinagre (50% y 100 %) y sal (3% y 5 %).	114
Figura 30. Normalidad de los residuos de los datos de Carotenoides	115
Figura 31. Interacción de tiempo y la presión de vacío en carotenoides con vinagre (50% y 100 %) y sal (3% y 5 %).	115
Figura 32. Normalidad de los residuos de los datos de pH	116
Figura 33. Interacción de tiempo y la presión de vacío en pH con vinagre (50% y 100 %) y sal (3% y 5 %).	117
Figura 34. Normalidad de los residuos de los datos de acidez	118
Figura 35. Interacción de tiempo y la presión de vacío en acidez con vinagre (50% y 100 %) y sal (3% y 5 %).	119
Figura 36. Normalidad de los residuos de los datos de solidos solubles.....	120
Figura 37. Interacción de tiempo y la presión de vacío en solidos solubles con vinagre (50% y 100 %) y sal (3% y 5 %).	121
Figura 38. Normalidad de los residuos de los datos de ganancia de solutos.....	122

Figura 39. Interacción de tiempo y la presión de vacío en SG con vinagre (50% y 100 %) y sal (3% y 5 %).	123
Figura 40. Normalidad de los residuos de los datos de pérdida de agua.	124
Figura 41. Interacción de tiempo y la presión de vacío en WL con vinagre (50% y 100 %) y sal	125

Capítulo I. El problema

Los encurtidos se realizan mediante la incorporación de sal en el tejido del producto, que normalmente, son hortalizas. El cloruro de sodio mezclado con ácido acético y en algunos casos, especias conforman el líquido de gobierno o salmuera, que además de darle un sabor característico, evitan su deterioro microbiano, sin necesidad de calentamiento. A este proceso se le conoce como encurtido en frío, y se utiliza para la conservación de productos que sufren deterioro de la textura cuando se calientan. (Daeschel, Fleming, & Pharr, 1990).

Un factor que limita la elaboración de encurtido en frío, es que la velocidad de penetración de la sal y el ácido acético en los productos a encurtir es muy lenta, en condiciones de presión atmosférica, se requieren varias semanas para lograr que la salmuera (solución hipertónica de sal y ácido acético) en la que se sumerge el producto a encurtir, se difunda en el tejido, acidificándolo, salándolo y deshidratándolo, hasta alcanzar condiciones de estabilidad. (Valdez, *et al.*, 2009). La transferencia de masa en alimentos celulares, como las frutas y verduras, implican varios fenómenos físicos debido a la compleja morfología que presentan los tejidos vegetales (Fito, *et al.*, 2001). Por ello, se recomienda adicionar pulsos de vacío a la tecnología de elaboración de encurtidos de ají de la accesión dulce rojo.

Los pulsos de vacío permiten la incorporación de la solución en matrices porosas en un corto tiempo debido al mecanismo hidrodinámico, la transferencia de masa durante el proceso de impregnación de solutos con pulso de vacío se puede expresar como pérdida de agua (WL), ganancia de solutos (SG) y/o reducción de peso (WR) del producto tratado (Martinez, *et al.* 2011). Entre las variables que influyen en la transferencia de masa, están la concentración osmótica de la solución, tipo de soluto, tiempo de procesamiento, temperatura, pH, velocidad de agitación, proporción producto en la solución hipertónica, tamaño y geometría del sólido y

naturaleza de la materia prima (Ponting, Walters, Forrey , Jackson, & Stanley, 1966; Rahman & Lamb, 1990; Torreggiani , 1993).

Actualmente, existen estudios para acelerar la transferencia de masa de solutos en la elaboración de encurtidos, aplicando pulsos de vacío en los sistemas producto/salmuera (Martínez *et al*, 2007; Valdez et al, 2007; Valdez *et al*, 2009).

Por esta razón, la presente investigación plantea la aplicación de pulsos de a diferentes concentraciones de vinagre/sal en el líquido de cobertura, por ello, esta investigación tiene por objetivos: (1) evaluar las características proximales del ají dulce rojo, (2) evaluar la influencia de aplicar de pulsos de vacío, concentración del líquido de cobertura sobre los pigmentos del ají dulce rojo en encurtido (índice de color y carotenoides). (3) evaluar la influencia de la aplicación de pulsos de vacío, concentración del líquido de cobertura sobre las propiedades fisicoquímicas (pH, acidez del fruto y solidos solubles del líquido de cobertura). (4) Evaluar la influencia de aplicar de pulsos de vacío, concentración del líquido de cobertura sobre los parámetros de transferencia de masa (SG y WL) del ají dulce rojo en encurtido.

Capítulo II. Revisión de literatura

2.1 Ají (*Capsicum* ssp)

Los frutos del ají son producidos por las plantas del género *Capsicum*, que pertenecen a la familia de las solanáceas. El género *Capsicum* es endémico del continente americano, y la evidencia sugiere que fue cultivado y domesticado por los nativos americanos. Los vestigios arqueológicos más antiguos (7000 a.c) de *C. annuum* se han encontrado en México, lo que sugiere que México fue el centro de origen de esta especie. De manera similar, en Perú, se encontraron restos arqueológicos de *C. baccatum* y *C. frutescens* de los años 2500 y 1200 a. c., respectivamente. Desde 1492, después de la llegada de los españoles al Nuevo Mundo, las variedades de ajíes se distribuyeron por todo el mundo (Meneses, Tellez, & Jaramillo, 2016).

La especie *Capsicum Chinense* es principalmente cultivado en el área de la cuenca amazónica hasta Bolivia, y probablemente domesticado en los Andes bolivianos. El popular ají “habanero” es originario de la península de Yucatán y pertenece a esta especie. (Kumar & Krishna, 2003).

2.1.1 Taxonomía del género *Capsicum* ssp

Kumar & Krishna, (2003) informan que varios autores atribuyen 25 especies al género, con nuevas especies por descubrir, y nombrar a medida que se expande la exploración de los trópicos del nuevo mundo. Simplemente, la posición taxonómica de *Capsicum* se puede representar de la siguiente manera:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Solanales*

Género: *Capsicum*

Especie: *Chinense /annun/pubecens/etc.*

La terminología usual en el campo de la nomenclatura taxonómica con relación al ají: *Capsicum* procede del griego “Kapso” o “Kaptein” que significa picar; referido al aroma pungente y penetrante que tiene el ají. El género *Capsicum* comprende varias especies de plantas, emparentadas con el tomate y la papa del continente americano; cuyo fruto en numerosos países es denominado como chile, ají, pimiento, guindilla o morrón. El nombre ají proviene originalmente de Las Antillas. En México: chile, referido a las variedades picantes, no es referente al país Chile. En Perú y Bolivia: la designación quechua: uchu; aymara: huayca. (Mendoza , 2006).

2.1.2 Condiciones de cultivo

El sistema de cultivo de plantas de *Capsicum spp*, implica varias etapas y, para obtener una producción satisfactoria y buena calidad de este cultivo, es necesario aplicar buenas prácticas agrícolas en cada etapa del proceso de cultivo, que son recomendaciones centradas en la producción de alimentos inocuos y de calidad (Meneses, Tellez, & Jaramillo, 2016).

Tabla 1. *Condiciones óptimas para el crecimiento del Capsicum ssp.*

Región geográfica	Zonas tropicales y subtropicales
Rango de temperatura	20 ° C – 30 ° C
Precipitación media anual	400–1000 mm
Tipo de suelo	Arcilla, aireada, drenada y rica en materia orgánica con una profundidad de 30–60 cm.
pH del suelo	Rango 6.5–7.5

Fuente: (Farooqi et al. 2005)

2.1.3. Ají fresco

Los ajíes frescos se consumen como vegetales y son ingredientes de una variedad de platos, pueden complementar la preparación de platos como ensaladas, guisos, pizzas, sándwiches y pueden ser fundamentales como ingredientes para la preparación de salsas, ajíes

reellenos y en vinagre, entre otros. Los consumidores evalúan la calidad del ají fresco que depende de las percepciones sensoriales, como el aroma, el sabor, la apariencia y la textura, aunque estas percepciones, no siempre están relacionadas con la calidad nutricional de los ajíes (Meneses, Tellez, & Jaramillo, 2016). En la tabla 2 se muestran los principales ajíes y sus usos en cada país en el mundo.

Tabla 2. Usos de algunas variedades de ají y el país donde se producen y/o consumen principalmente

Tipos de ají	Forma de consumo	País
<i>C. annuum</i>		
Jalapeño	Preferiblemente consumido como fresco o en escabeche en estado verde o maduro. Se usa para preparar salsas verdes crudas o cocidas y reellenos, pizzas y nachos se usan rodajas en escabeche.	México
Chipotles	Consumidos como secos y ahumados. Se usa para rellenar o preparar “chiles dulces”, pero preferiblemente se consumen en adobo.	México
Serrano	Comidas frescas como salsas verdes o maduras, ensaladas como "pico de gallo". Preparación de “chiles toreados” sazonados con sal, limón y aceite de oliva.	México
Chile de árbol	Generalmente se consume como secado y preparado para salsas enteras o molidas para condimentar algunas frutas y verduras como la sandía, el pepino o el maíz (maíz). Los pimientos deshidratados son usados para mejorar el sabor de los caldos. Son usados para obtener oleorresinas.	México

Fuente: (Meneses, Tellez, & Jaramillo, 2016).

Tabla 3. Usos de algunas variedades de ajíes y el país donde se producen y/o consumen principalmente (continuación)

Tipos de ají	Forma de consumo	País
<i>C. annuum</i>		
Poblano	Son ajíes con mesocarpio espeso, por lo que generalmente se tuestan antes de usarlos para quitarles la piel y suavizar la fruta. Se utiliza principalmente para rellenar y para preparar pastas, cremas y ensaladas.	México
Ancho	Variedad “rojo poblano” en su estado maduro presenta un color intenso y deshidratado. Se utiliza como base para salsas, caldos, guisos, adobos, moles y se puede rellenar.	México
Mulato	Producido y utilizado de manera similar al ají “ancho” deshidratado, cuando está maduro presenta con un color marrón negruzco y tiene un sabor diferente al ají “ancho”.	México
Guajillo	Es la variedad de producto seco en estado rojo. Se usa para marinar carne, pollo y pescado y para hacer salsas.	México
Chilaca	Consumido como verde estado maduro, tostado y pelado. Relleno de queso o en rodajas y acompañado de papas, se consume en varios platos.	México
Pasilla	Ají “pasilla” deshidratado presenta una coloración oscura producida a partir de la “Chilaca”. Utilizado en la preparación de mole, adobos y salsas.	México
Prik chee fah	Ingrediente esencial de la comida tailandesa. El ají “Prik chee fah” seco se utiliza en la preparación de curry en polvo o pasta para preparar pollo o pescado.	Tailandia
Prik kee noo	Se come fresco como ensaladas verdes maduras o picado en la salsa “Prik Nam Pla”, con pasta, carne, huevos, etc. El ají “Prik kee noo” en polvo se utiliza en la preparación de salsas y aderezos.	Tailandia

Fuente: Meneses, Téllez, & Jaramillo, 2016

Tabla 4. Usos de algunas variedades de ajíes y el país donde se producen y/o consumen principalmente (continuación)

Tipos de ají	Forma de consumo	País
<i>C. annuum</i>		
Chungyang	Se usa como verde o rojo maduro. Utilizado en reparaciones de Kimchi, preparación de pastas fermentadas. En medicina tradicional se usa como digestivo	Corea
Cao Tian Jiao	Generalmente se usa en estado rojo maduro para producir encurtidos y en polvo. Ingrediente esencial de la cocina de Sichuan.	China
Bell pepper	Se come en ensaladas frescas y es ideal para rellenar. Estos presentan una coloración roja intensa se procesan industrialmente para obtener extractos ricos en carotenoides. Que se usan como colorantes. Generalmente, deshidratados y molidos de estos Las variedades se llaman pimentón y se usan para sazonar los alimentos.	India
<i>C. chinense</i>		
Scotch Bonnet	Se agrega a los alimentos integrales frescos para obtener su aroma picante. Se utiliza para hacer salsas picantes para condimentar carnes. Se utiliza en la producción de aceites esenciales.	Caribe y Burundi
Bhut Jolokia	La deshidratación se emplea en la preparación de curry, salsas y adobos. Se emplea como repelente de elefantes salvajes y en medicina tradicional.	India
Biquinho	Por lo general, se consume en escabeche cuando el color es amarillo o rojo y se sirve como guarnición, como aperitivo, con ensaladas. Cuando está fresco, se usa para preparar jaleas.	Brasil

Fuente: (Meneses, Téllez, & Jaramillo, 2016).

Tabla 5. Usos de algunas variedades de ajíes y el país donde se producen y/o consumen principalmente (continuación)

Tipos de ají	Forma de consumo	País
<i>C. frutescens</i>		
Malagueta	Es un ingrediente esencial de la cocina del estado de Bahía, que se utiliza para preparar salsas, como piri-piri, adobos y encurtidos. La deshidratación se emplea para producir oleorresinas.	Brasil
Tabasco	Es la materia prima utilizada en la fabricación de la salsa Tabasco, utilizada para dar sabor a los alimentos y marinar la carne. Se produce en los Estados Unidos y desde donde se distribuye en todo el mundo.	México
Shuanla	Conocido como "Naga china" porque es muy picante, se usa en la de Hunan para condimentar sopas	China
<i>C. baccatum</i>		
Dedo-de-moça	Cuando está seco y molido, se conoce como "pimenta-calabresa". Se utiliza en la preparación de carne y pescado. Utilizado para condimentar bocadillos y para producir oleorresinas.	Brasil
Ají limo	Color amarillo característico, utilizado para salsas, encurtidos, pescados o mariscos, choritos a la chalaca, sudados y tiraditos.	Perú
Ubatuba Cambuci	Se utiliza principalmente para uso ornamental, aunque también se consume en escabeche y para la preparación de salsas.	Brasil
<i>C. pubescens</i>		
Manzano o Rocoto	Por lo general, se come fresco, picado o en rodajas, sazonado con cebolla, sal y limón con pescado, mariscos o carne. Los ajíes tipo manzano están deshidratados, molidos y en escabeche, y son la materia prima para la producción de tintes y oleorresinas para fines industriales.	México

Fuente: (Meneses, Téllez, & Jaramillo, 2016)

2.1.4 Ají Deshidratado

El mercado ofrece una amplia variedad de ajíes secos y productos hechos de éstos. Los ajíes deshidratados se pueden encontrar en el mercado, ya sean enteros, láminas de aji, polvo de aji molido, o como ingrediente en una variedad de condimentos. Los ajíes deshidratados se consideran una especia, y se usan en la preparación de una variedad de alimentos, como también, para la preparación de extractos y oleorresinas.

2.1.5 Ajíes en salmuera o ajíes encurtidos

Durante el proceso de encurtido, el ácido acético o el ácido láctico, el cloruro de sodio y el aroma de las especias se incorporan a la pulpa de los ajíes; la actividad del agua y el pH, disminuyen causando alteraciones en el color y la textura del ají. El grado en que ocurren estos cambios, depende de la concentración de los componentes, las características del proceso y las variables de procesamiento establecidas para la producción. En general, el tiempo de absorción de sal por parte del ají dura de 4 a 6 semanas a temperatura ambiente (Valdez *et al.* 2013), en los procesos industriales para el encurtido de ají “jalapeño” entero conservado en soluciones de cloruro de sodio y ácido acético el cual se deja en reposo a temperatura ambiente, por un tiempo superior a las 6 semanas (Valdez, Martínez, *et al.* 2007).

2.1.6 Beneficios para la salud

El consumo frecuente de ají está asociado estadísticamente, a la reducción en la intensidad del dolor abdominal difuso en el contexto del síndrome de intestino irritable, como también el ají y su componente activo, la capsaicina, poseen un efecto terapéutico potencial en el manejo de los trastornos funcionales del tubo digestivo que debe ser explorado más profundamente en estudios controlados y con presentaciones farmacológicas diversas (Ángel & Fajardo , 2005).

El ají también se emplea en casos de: afectación de tejidos mucosos, dolores ardientes como por excoriación, desaliento, convulsiones tétano, dolores reumáticos, tensión en rodillas, humor llorón, manía, delirio, locura o demencia, pusilánime, timidez, vértigo con pérdida de conciencia, ardor, congestión y/o dolor de cabeza, inflamación y dolor en los ojos, inflamación membranas mucosas, aftas, inflamación de la lengua, debilidad del habla, ardor en la boca que se entiende al sistema digestivo, inflamación, vómitos, llenura y ansiedad, opresión de la respiración, voz baja y temblorosa, somnolencia, sueño ligero, inflamación, y gangrena en los genitales e inflamación de los ovarios (Waizel & Camacho, 2011).

2.2 Carotenoides

Los carotenoides son una gran familia de tetraterpenoides solubles en lípidos con una estructura básica de cadena de hidrocarburos de polieno de 40 carbonos. Esta familia de más de 600 miembros generalmente se puede dividir en dos subgrupos, carotenos ($C_{40}H_{56}$) y xantofilas ($C_{40}H_{56}O_2$ o $C_{40}H_{56}O$, los derivados oxigenados de carotenos), que difieren en los anillos terminales y la oxigenación (Hirschberg, 2001; Walter & Strack, 2011).

Son responsables de los colores amarillos, naranjas y rojos típicos de la mayoría de las frutas, flores y vegetales, y de los colores característicos de muchas aves, insectos, peces y carotenoides crustáceos a través de la dieta. La estructura química básica de cualquier molécula de carotenoide es la larga cadena de polieno, que puede extenderse de 3 a 15 enlaces dobles conjugados, actuando como un cromóforo que determina el espectro de absorción de la molécula y, por lo tanto, su color (Britton, 1991).

2.2.1 Factores que influyen en la degradación de los carotenoides

Los carotenoides son pigmentos estables en su ambiente natural, pero cuando los alimentos se calientan, o cuando son extraídos en disolución en aceites o en disolventes orgánicos, se vuelven mucho más lábiles. (Meléndez, Vicario, & Heredia, 2004).

La degradación de los carotenoides se debe de manera principal, a la degradación por oxidación, ya sean producidas o no por enzimas, se presenta durante el proceso de secado en frutas y vegetales. Los carotenoides se oxidan más rápidamente, cuando pasan por un proceso de purificación, al igual que los lípidos el proceso de oxidación se acelera por la temperatura, luz, presencia de metales y enzimas. Los alimentos que contienen antioxidantes, como tocoferoles o vitamina C, conservan mejor los carotenoides y, por tanto, su color. (Mínguez, 1997).

No solo el oxígeno degrada los carotenoides, sino también el ozono en alimentos envasados (Méndez, et al., 2005).

Se ha demostrado que la relación de la pérdida de pigmentos, la exposición a la luz y presencia de ácidos grasos exponiendo que la instauración de los ácidos grasos, protege en estas condiciones a los pigmentos. (Carnevale, et al., 1979).

2.3 Hortalizas en encurtido

El encurtido es una de las formas más antiguas y simples de conservación de alimentos. Los antiguos chinos que preparaban encurtidos con sal, los mesopotámicos en vinagre, estas técnicas que dominaron desde su época son las que todavía usamos hoy (Davison, 2018). También los encurtidos son la conservación de los alimentos, mediante la adición de sal y / o vinagre como medio principal de conservación. La conservación comercial de los vegetales mediante encurtido se realiza mediante dos procesos generales: salmuera y acidificación directa, con o sin un proceso de calor suave (pasteurización), y varias combinaciones de estos dos procesos (Siddiq & Uebersax, 2018).

En la conservación química de alimentos, la comida se coloca en un líquido apto para el consumo humano que inhibe o mata las bacterias y otros microorganismos. Los ingredientes más comunes usados en la salmuera o líquido de cobertura (alta en sal), vinagre, alcohol y aceite vegetal, especialmente aceite de oliva, pero también se pueden usar alternativamente

muchos otros aceites (Lordache, *et al.*, 2016). Fennema (1996) informó que el ácido acético, es ampliamente usado en la industria de alimentos debido a que su actividad antimicrobiana, ésta aumenta cuando el pH del entorno disminuye. Los encurtidos no fermentados, deben poseer un pH inferior a 4.5 (Cross, 2007), también Fellows, (2000) informó que los encurtidos hechos con vinagre deben poseer un pH inferior a 4.5, y que éste debe ser mantenido por el empaque. También Powers, Pratt, Downing, & Powers, (1961) informaron que el tipo de acidulante, la fuerza del ácido y el tiempo de inmersión, influyen sobre el pH en los pimientos enlatados.

La acción combinada de iones de hidrógeno y las moléculas no disociadas del ácido acético pueden tener un efecto antimicrobiano (Levine & Fellers, 1940). Los microorganismos crecen mejor a valores de pH alrededor de 7.0 (6.6 - 7.5) mientras que pocos microorganismos, crecen a pH por debajo de los 4.0, el rango de crecimiento de algunos microorganismos transmitidos por alimentos se observa en la figura 10 (M. Jay, 2000). El género *Escherichia* es susceptible a una acidez elevada y pH ácidos (Leveau, 2014).

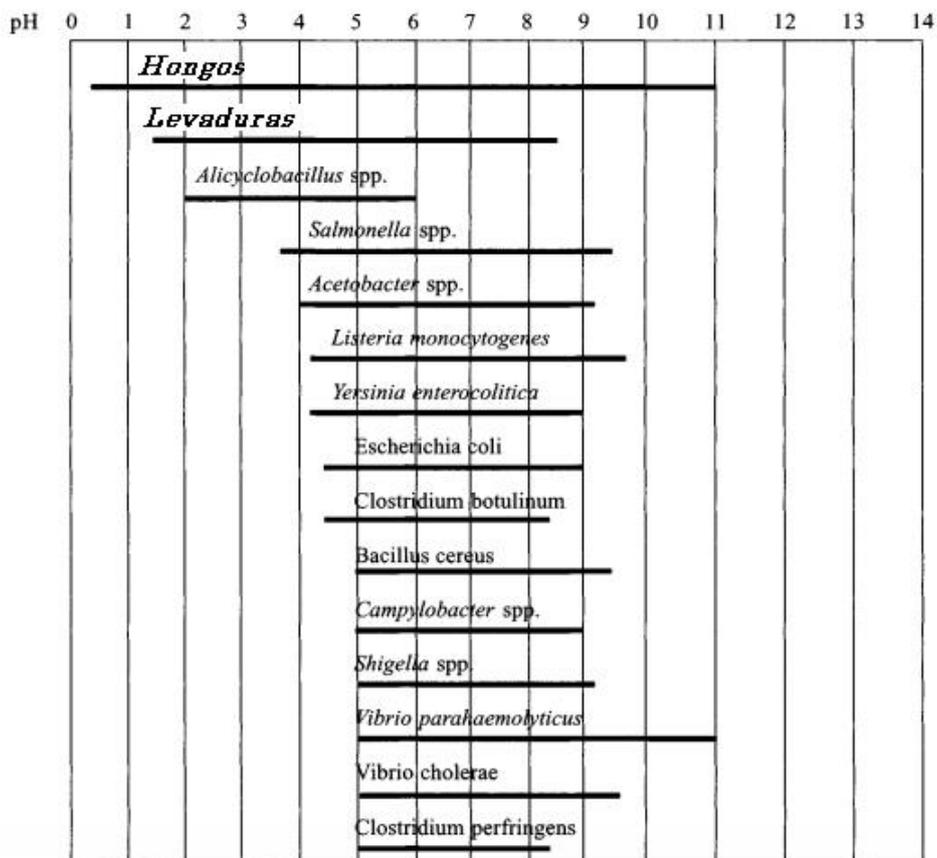


Figura 1. Rango de crecimiento de pH aproximado para algunos microorganismos transmitidos por alimentos (Jay, 2000)

Para mejorar la vida útil a temperaturas ambientales de los encurtidos, éstos generalmente se pasteurizan, con el fin de inactivar algunas cepas de levaduras, bacterias de ácido láctico o bacterias de ácido acético que pueden proliferar lentamente en presencia de altos niveles de ácido acético (Lucke, 2000).

Los vegetales en salmuera o salados pueden o no someterse a una fermentación microbiana, que involucra una mezcla de microorganismos, principalmente bacterias de ácido láctico y levaduras, dependiendo de la concentración de sal utilizada (Siddiq & Uebersax, 2018). En concentraciones del 3.6% o más, los alimentos acidificados con ácido acético, pueden conservarse sin la adición de ningún otro agente antimicrobiano o el uso de tratamientos térmicos (Campbell & Anderson, 1988).

2.3.1 Ingredientes para preparar hortalizas en encurtido

2.3.1.1 Sal

La sal pura y granulada es la mejor. Ésto a menudo se vende como encurtido o enlatado sal. A veces se llama sal curativa de carne. El material antiaglomerante agregado a la sal de mesa yodada, puede hacer que la salmuera se vuelva turbia. (Hendren & Gail, 1997).

2.3.1.2 Vinagre

Se puede obtener vinagre a partir de los derivados de la uva, y también está presente en cantidades considerables en el vinagre de vino, incluido el vinagre balsámico, pero en bajas concentraciones en los vinagres de sidra. También del ácido málico está presente en cantidades significativas en vinagres de sidra y vinagre de jerez con la concentración más alta que se encuentra en el vinagre balsámico. El alto contenido de ácido málico de las manzanas se reduce por la fermentación maloláctica y, finalmente, del ácido cítrico solo se encuentra en pequeñas cantidades en los vinagres, más específicamente los vinagres de sidra. Los niveles de ácido acético son altos en vinagres de jerez. La gran cantidad de ácido láctico es parcialmente oxidada por las bacterias acéticas en vinagres de sidra (Morales, González & Troncoso, 1998).

Binsted, Devey & Dakin (1962) sugieren que se debe verificar el contenido del ácido acético en el vinagre, como también en disoluciones de ácido acético glacial antes de su uso.

2.3.1.3 Especias

Peter (2001) describe una especia como un producto que enriquece o altera la calidad de una cosa, por ejemplo, altera el sabor de un alimento para darle un sabor picante o duradero o un gusto. Por lo tanto, el término "especia" se usa para cubrir el uso de especias, hierbas y ciertos vegetales aromáticos para impartir olor y sabor a los alimentos. Una clasificación

convencional de especias se basa en el sabor que éstas aportan como son las especias picantes, especias suaves, especias, hierbas y verduras aromáticas.

2.3.1.4 Azúcar

Normalmente se usa azúcar granulada o morena, según sea el caso (Hendren & Gail, 1997).

2.3.1.5 Agua

Hendren & Gail (1997) recomienda el uso de agua blanda, ya que si se usa agua dura en la salmuera, puede interferir con la formación de ácido y evitar que los encurtidos se curen adecuadamente.

2.3.2 Procesos para la elaboración de encurtido

Fellows (1994) y Galicia (2003) mencionan que los contaminantes o componentes no comestibles pueden estar presentes, por lo tanto, es necesario que las verduras se sometan a uno o más de los siguientes procesos: lavado, selección, clasificación, reducción de tamaño, envasado y escaldado.

2.3.2.1 Lavado

Durante el lavado por inmersión, la suciedad que se adhiere a la superficie vegetal se ablanda y es eliminado junto con piedras, arena y otros materiales abrasivos, que pueden dañar el equipo durante operaciones posteriores. Los tanques de inmersión están hechos de metal, mortero o construcción. Materiales adecuados para una fácil limpieza y desinfección, para mejorar la eficiencia del lavado, Se proporciona agitación. También se agrega detergente o cloro para disminuir la carga microbiana. Durante secado por aspersión, las verduras están expuestas al agua a presión, que se aplica cuando el suministro de agua está restringido.

2.3.2.2 Selección y clasificación

Estas operaciones se realizan para descartar productos no aptos para el procesamiento: dañados, inmaduros, vegetales demasiado maduros o deformados. El deterioro ocurre durante la cosecha, el transporte a la planta de procesamiento o limpieza.

Las verduras se seleccionan de acuerdo con el tamaño y la calidad, y se dirigen al procesamiento o directamente consumo. En general, la clasificación consiste en la evaluación simultánea de varios exámenes físicos propiedades. En el caso de los pimientos picantes, las cebollas y las zanahorias, la clasificación se realiza manualmente. Mediante este procedimiento, es posible tener una evaluación simultánea de varios atributos que ser difícil de evaluar de manera automática. La ventaja de la clasificación es tener uniforme material para ser dirigido a una operación específica, como pelar, reducir el tamaño o blanquear. La clasificación también homogeniza el producto, mejorando la eficiencia del procesamiento térmico. Personal entrenado generalmente llevan a cabo la clasificación de calidad.

2.3.2.3 Pelado

El pelado es una operación necesaria durante el procesamiento de zanahoria y cebolla; Para mejorar la apariencia del producto, se deben eliminar las partes no comestibles, aunque es importante no eliminar grandes porciones de la verdura. Existen diferentes métodos de pelado:

- Abrasión: el pelado de zanahoria se realiza por abrasión. De esta manera, la piel se elimina por fricción; el producto está en contacto con rodillos o se coloca en recipientes con el interior recubierto con un material abrasivo como el silicio o el carbono. La superficie abrasiva separa la cáscara de la zanahoria, que luego es eliminada por una corriente de agua.
- Pelado por llama: aplicado principalmente a las cebollas, consiste en colocar las verduras en una banda de transporte que se mueve a través de un horno. A medida que pasan las verduras, la capa más externa y las raíces finas se queman y se eliminan por pulverización de agua a alta presión.

2.3.2.4 Reducción de tamaño

En esta operación, el tamaño promedio de un material alimenticio sólido se reduce mediante la aplicación de fuerzas tales como impacto, compresión o abrasión (Galicia, 2003). En el caso del ají “jalapeño”, se cortan longitudinalmente en cuatro partes y se eliminan el pedúnculo y las semillas. Los cortadores consisten en una serie de cuchillas giratorias, y la fuerza centrífuga mantiene el producto contra las cuchillas.

2.3.2.5 Deterioro enzimático

Las enzimas, endocelulares, exocelulares o microbianas, asumen un papel activo en el deterioro de los alimentos. Las enzimas microbianas también pueden actuar sobre el sustrato alimentario incluso cuando la célula microbiana está inactivada o muerta. Un escaldado

insuficiente puede provocar un aumento del deterioro de los alimentos como calor aplicado puede alterar los tejidos, liberando el sustrato, pero no inactivando las enzimas. La eficacia del escaldado en vegetales se mide por la inactivación de dos enzimas: catalasa y peroxidasa. El ají “jalapeño” procesado, las condiciones de tiempo/temperatura para escaldar son de 8 a 10 min, agua a 95 °C y para las zanahorias de 6 a 8 min, agua a 95°C. (Galicia, 2003).

2.3.2.6 Escaldado

Este proceso de calor se aplica antes del procesamiento para inhibir la actividad enzimática o disminuir poblaciones microbianas. El blanqueado se puede combinar con otras operaciones como pelar o limpiar (Fellows, 1994; Galicia, 2003). Se logra una inactivación eficiente de la enzima calentando hasta alcanzar la temperatura calculada, se alcanzan las condiciones de tiempo y luego se enfría rápidamente a temperatura ambiente. Los dos métodos de blanqueo comúnmente utilizados son vapor saturado e inmersión en agua caliente. A nivel industrial, el blanqueo con vapor es el método más ampliamente practicado (Galicia, 2003). Consiste en aplicar vapor a las verduras en una cinta transportadora que atraviesa un túnel de vapor. La variación de la velocidad de la cinta transportadora controla el tiempo de residencia en el túnel. En algunos casos, se aplica una pulverización de agua al inicio y al final del transportador para condensar el exceso de vapor. Durante el escaldado de agua caliente, las verduras se mantienen durante un tiempo determinado a 70–100 ° C, con un período adicional de drenaje-enfriamiento posterior

2.3.2.7 Empaquetado

El objetivo de esta operación es mantener el producto, desde el procesamiento hasta el consumidor, en las mismas condiciones higiénicas y de calidad. Las latas están hechas de láminas de estaño de tres piezas, recubiertas por dentro con esmalte epoxifenólico. Las tapas también están hechas de papel de aluminio y recubiertas con el mismo esmalte epoxifenólico que se usa en la lata. Las tapas también tienen dos o tres anillos de expansión circulares, que proporcionan resistencia contra la deformación debido a un aumento en la presión interna (Galicia, 2003).

2.3.2.8 Adición de líquido de cobertura

Galicia (2003) señala que el encurtido es una mezcla de vinagre, aceite vegetal, cebolla, zanahoria, laurel, ajo, sal, azúcar y especias (el último ingrediente es opcional). El líquido de gobierno incluye vinagre con el 2% de ácido acético y el 5% de cloruro de sodio.

2.3.2.9 Exhausting

Cuando se evacúa el aire del espacio superior antes del sellado, la presión interna disminuye durante la esterilización. Al mismo tiempo, la evacuación de oxígeno evita la corrosión y la oxidación del estaño. Durante esta operación, el aire se reemplaza por vapor, produciendo un vacío parcial en el espacio superior después de la condensación. El exhausting se lleva a cabo en túneles. Otra forma de promover el exhausting es mediante el uso de máquinas de vapor, que inyectan vapor en el espacio de cabeza antes de cerrar las latas (Galicia, 2003).

2.3.2.10 Sellado

Las etapas básicas de las operaciones son las siguientes: (a) los bordes están doblados; (b) la lata doblada se presiona para formar un sello hermético, impermeable al aire (Galicia, 2003).

2.3.2.11 Tratamiento térmico

Las latas o frascos de vidrio se someten a un tratamiento térmico para esterilizar o pasteurizar sus contenidos. Se puede hacer en lotes o mediante retorta continua. Las latas se calientan a la vez: temperatura en vapor o agua caliente. La pasteurización de los ajíes “jalapeños” en vinagre destruye microorganismos resistentes a altas concentraciones de ácido acético, capaces de promover la alteración del producto. El tratamiento térmico también inhibe las enzimas vegetales o microbianas (Galicia, 2003). Se recomienda un tratamiento térmico de 93.38C y 10 minutos para encurtidos ácidos (pH 4.3 a 4.5). Sin embargo, un proceso de tiempo y temperatura depende del tipo de contenedor, el volumen y el equipo de procesamiento de calor.

2.3.2.12 Marcado, etiquetado y embalaje

Una vez que los contenedores se someten a un tratamiento térmico, cada lata o frasco se marca con un código, una fecha de producción, un número de lote y un código de planta. La etiqueta incluye el nombre del producto, el nombre comercial, el peso escurrido y neto, los ingredientes y otras especificaciones requeridas por las regulaciones del país (Galicia, 2003). El embalaje se realiza automáticamente en cajas de cartón o bolsas de polietileno de alta densidad, u otros materiales de embalaje adecuados con suficiente resistencia para proteger el producto y los envases.

2.3.2.13 Almacenamiento

Los ajíes, por ejemplo, los denominados ajíes “jalapeños” tratados térmicamente mantienen sus características de calidad entre 18 y 21 °C. A temperaturas más altas, los productos ácidos en latas sin revestimiento interior consumen oxígeno en el espacio superior más rápido que en latas revestidas. El resultado es una pérdida considerable en el contenido de ácido ascórbico y una rápida oxidación del producto (Dennis & Arthey, 1991; Galicia, 2003). Por otro lado, los ajíes enlatados como el “jalapeño” tienen una vida útil más larga si se almacenan a 0 a 58°C (Galicia, 2003).

2.4 Impregnación al vacío

La impregnación al vacío de un alimento poroso con una solución externa, es un tratamiento interesante para promover cambios rápidos de composición por la acción del mecanismo hidrodinámico. El proceso de salazón, la deshidratación osmótica y otras operaciones sólido-líquido se pueden mejorar aplicando pulsos de vacío al sistema, con una disminución significativa en el tiempo de procesamiento, dependiendo de la porosidad efectiva del producto y las propiedades mecánicas. Existe un mecanismo de transferencia de masa rápida, llamado HDM (mecanismo hidrodinámico), que ocurre cuando las estructuras porosas se sumergen en una fase líquida. Esto implica el flujo de entrada del líquido externo a través de los poros capilares, controlado por la expansión / compresión del gas interno. Este mecanismo es responsable de los procesos de impregnación al vacío de los productos porosos, cuando se imponen bajas presiones en un sistema sólido-líquido (etapa de vacío) seguido de la restauración de la presión atmosférica. Durante la etapa de vacío, el gas interno en los poros del producto se expande y sale parcialmente. Todo esto se combina con la penetración capilar en función de la tensión entre el líquido y el diámetro de los poros. En la etapa atmosférica, el

gas residual se comprime y el líquido externo fluye hacia los poros en función de la relación de compresión (Salvatori, *et al.*, 2001).

2.5 Diseños con medias repetidas

Los experimentos con medias repetidas, se pueden ver como una generalización de pruebas pareadas en el sentido de que en ellos se realizan varias mediciones de la variable respuesta sobre las mismas unidades experimentales bajo condiciones cambiantes. Estas condiciones cambiantes también pueden ser diferentes tratamientos o distintas evaluaciones a lo largo del tiempo. Al usar los mismos sujetos o unidades experimentales no solo se llega a economizar muestra, sino también se elimina la variación que se tendría si las mediciones se hicieran sobre sujetos diferentes. Cuando las medidas repetidas son a lo largo del factor tiempo, que es un caso muy frecuente, también se les conoce como “datos longitudinales”. Las medidas repetidas tienen una amplia aplicación en muchas áreas, como medicina, agricultura y biología (Gutiérrez & de la Vara, 2012).

Capítulo III. Materiales y métodos

3.1 Lugar de ejecución

Esta investigación fue ejecutada en el Laboratorio de Valoración Nutricional de los Recursos Genéticos perteneciente a la Dirección de Recursos Genéticos y Biotecnología (DRGB) del INIA ubicado en Av. La Molina 1981 - La Molina. Lima. Perú.

3.2 Materia prima

El ají dulce rojo (*Capsicum chinense*) utilizado en la investigación, corresponde a la accesión dulce rojo con código PER 007093, procedente de la E.E.A Donoso ubicado en la provincia de Huaral- región Lima.

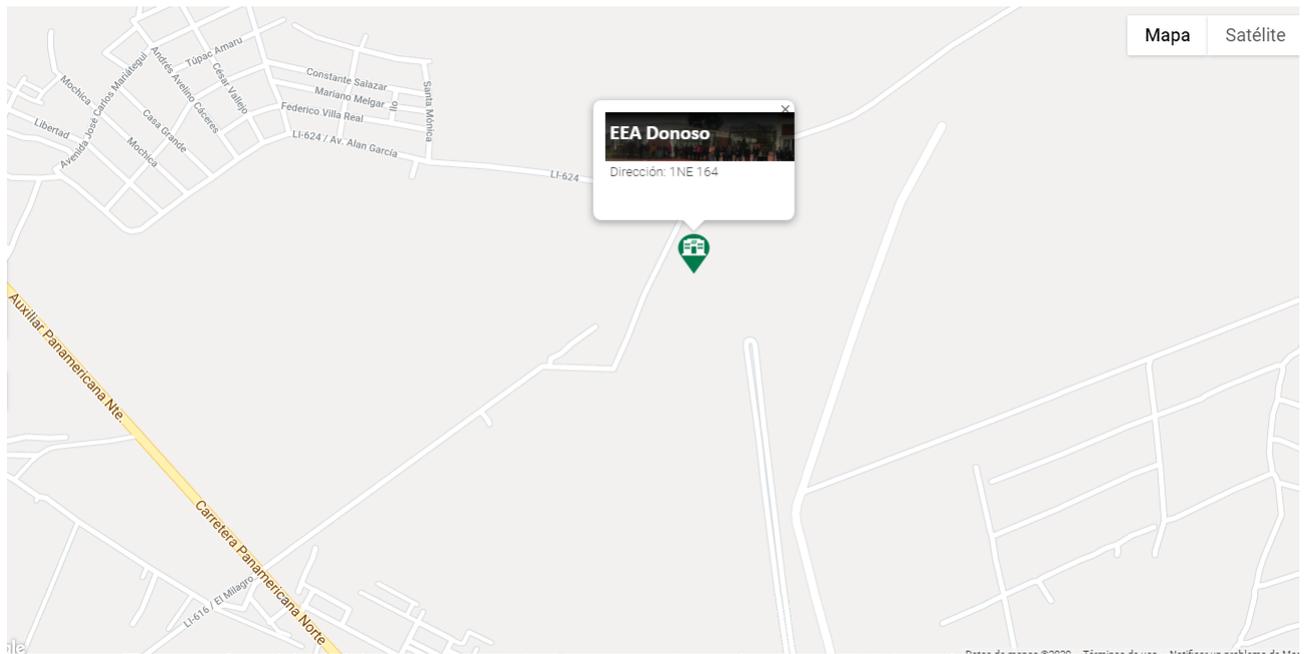


Figura 2. Ubicación de la E.E.A Donoso-Huaral www.INIA.gob.pe

3.3 Materiales, equipos y reactivos

3.3.1 Materiales de vidrio

- Vaso precipitado de 50 ml, 100 ml, 300 ml
- Buretas de 50 ml
- Fiolas de 10ml, 100 ml, 1000 ml y 2000 ml
- Fiola ámbar de 10 ml
- Probetas de 500 y 5 ml
- Pipeta de 10 ml
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml
- Matraz Kitazato de 250 ml
- Pesa filtros de 50 x 30
- Campana desecadora
- Embudos
- Sifón de 100 ml
- Condensador en serpentín
- Balones de fondo plano de 250 ml
- Celdas de cuarzo
- Tubos de digestión de 300 ml
- Refrigerante de bolas
- Frascos para mermelada de 40 ml
- Balón de fondo redondo de 1000 ml
- Frascos ámbar de 100ml, 250 ml, 500 ml y 1000 ml
- Frascos transparentes de 500 ml y 1000 ml

3.3.2 Materiales de metal

- Pinzas para crisoles
- Bandejas de aluminio
- Gradilla para tubos de digestión
- Espátulas
- Soporte universal
- Capsulas metálicas
- Esferas metálicas
- Olla de aluminio de 5 litros
- Magneto para agitación
- Gradilla para tubos de digestión

3.3.3 Materiales varios

- Papel filtro para fibra
- Papel toalla
- Mascarilla
- Guantes quirúrgicos
- Gel térmico
- Tubos de goma
- Tubos de centrifuga 15 ml y 50 ml
- Gradilla para tubos de centrifuga
- Hielera
- Papel tisú
- Crisoles de porcelana

3.3.4 Equipos

- Molino Tysuleiser, Qiagen s/n 1216220328
- Balanza analítica, Sartorius Modelo: ED2245
- Balanza de precisión, Sartorius Modelo: TE6101
- Espectro fotómetro, Thermo científico Modelo: Geneys 10s UV-VIS
- Centrifuga, Hettich, Modelo: Rotina 35
- Centrifuga refrigerada, Ependorf Modelo 5430 R
- Estufa Memmert, Modelo: UFE 500
- Estufa Memmert , Modelo: UF 160 plus
- Cocina eléctrica, Practika, Modelo: PCE-01
- Schiller, VWR International, Modelo: 1167P
- Agitador de placa caliente, Stuart, Modelo: SB 162-3
- Agitador magnético, Velp científica, Modelo: Arec.X
- Vortex , Thermo Cientific, Modelo : M37610 - 33
- Refrigerador, Boch, Modelo: Freezer 32
- Potenciómetro, Schot Instruments, Modelo Lab 850
- Colorímetro, Konica Minolta, Modelo: CR – 400
- Salinometro, Atago , Modelo: Pocket Palt – Salt
- Destilador semiautomático, Buchi, Modelo: K-355
- Mufla, Hinra Peru, Serie: 011
- Digestor, Buchi, Modelo: K-439
- Rotavapor, Buchi, Modelo: R II
- Bomba de vacío, Buchi, Modelo: V-700
- Panel de control para bomba de vacío, Buchi, Modelo: V-850

- Baño maría, Buchi , Modelo : R II
- Scrubber, VELP Cientifica, s/n: 328775
- Micropipetas 1000 µl,5000µl,10000 µl, Ependorf
- Refractometro, Hanna, Modelo HI96800

3.3.5 Reactivos

- Hidróxido de sodio, Merck
- Ácido sulfúrico, J.T Baker
- Vinagre blanco, 5% de ácido acetico,Del firme
- Sal,99.4% de NaCl, Marina
- Butil hidroxitolueno (BHT), Aldrich Chemistry
- Acetona, J.T Baker
- Alcohol etílico absoluto, J.T Baker
- Fenolftaleína, Merck
- Éter de petróleo, J.T Baker
- Etanol, Alkofarma E.I.R.L
- Estándar de β-caroteno, SIGMA
- Diclorometano, J.T Baker

3.4 Metodología experimental

3.4.1 Elaboración de encurtido de ají de la accesión rojo dulce

Para elaborar el encurtido de ají dulce rojo se usaron las materias primas anteriormente descritas, como se describe en la figura 1, la cual fue adaptado de (Binsted et al., 1962; Codex alimentarius ,2015; USDA, 2015).

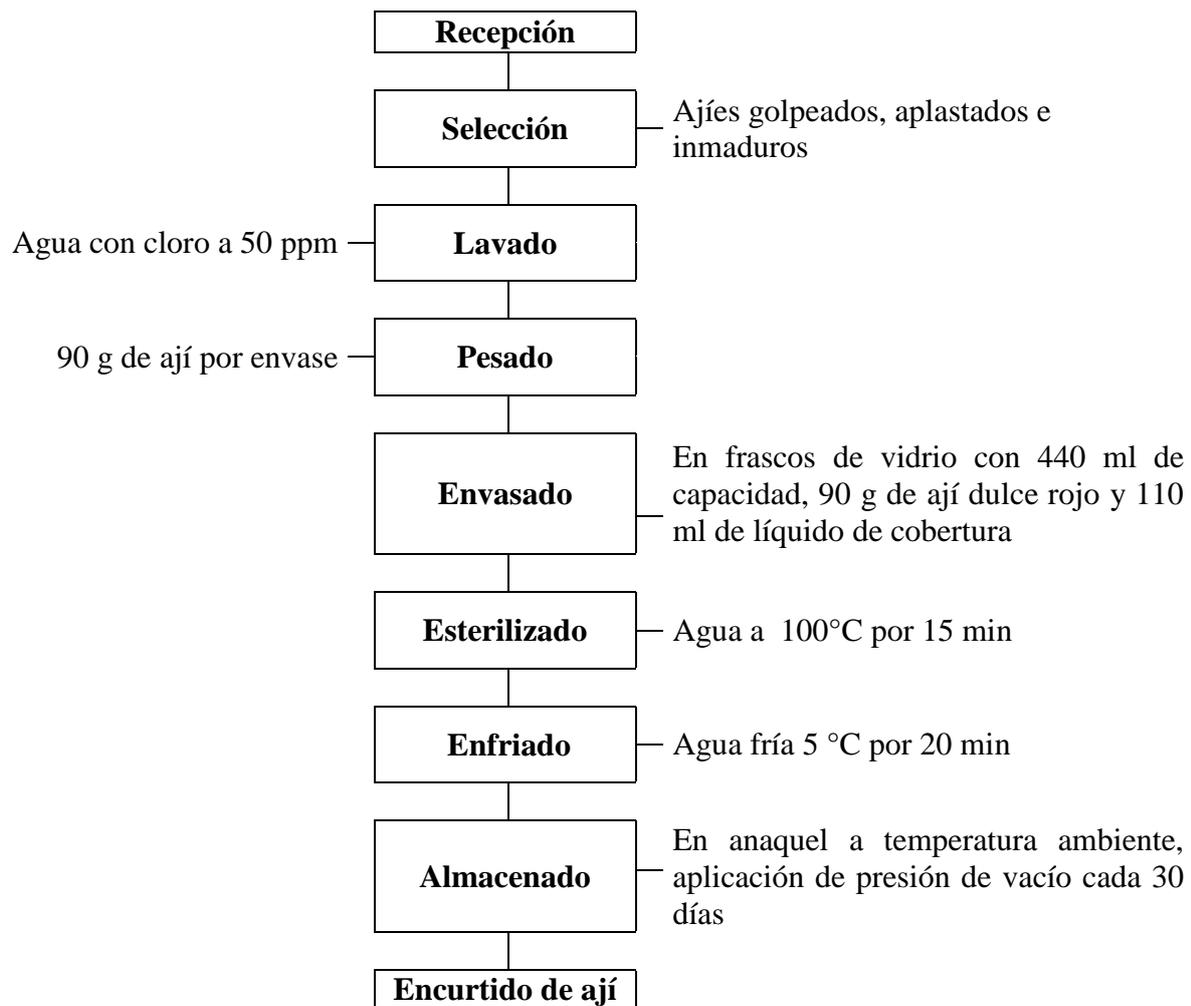


Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración del encurtido de ají, adaptado de (Binsted, *et al.*, 1962; Codex alimentarius, 2015; USDA, 2015).

Descripción:

a) Recepción

Se recibieron los ajíes maduros traídos desde la E.E.A Donoso los que fueron puestos en sobres de papel, para que el ají no exuda agua y se pueda deteriorar en el transporte, luego de ello, fueron colocados cuidadosamente en cajas de cartón para evitar golpes y aplastamientos.

b) Selección

Luego fueron retirados de los sobres de papel los ajíes y puestos en bandejas de plástico para seleccionar los ajíes dañados por el transporte.

c) Lavado

A los ajíes seleccionados se les retiró los pedúnculos, luego fueron lavados con 5 ml de lejía disueltas en un litro de agua o 200 ppm, se les dejó remojar por 15 minutos, después de ello, se les enjuagó con abundante agua y fueron puestos a secar sobre papel toalla.

d) Pesado

Después se pesó 90 gramos de ají para cada tratamiento en frascos de vidrio.

Envasado

Luego fueron envasados en frascos de vidrio 90 gramos de ají con 220 ml de líquido de gobierno.

e) Tratamiento térmico

Los frascos con ají fueron tapados y puestos en una olla con agua caliente a 100°C por 15 minutos.

f) Enfriado

Los frascos con ají encurtido debidamente tapados, fueron sumergidos en agua fría a 4°C para generar un vacío dentro del envase.

g) Almacenado

Los frascos fríos fueron puestos en un anaquel metálico, luego cada 30 días fueron expuesto a presiones de vacío de 200 mbar o 600 mbar por un tiempo de 30 minutos.

3.4.2 Metodología para la impregnación al vacío

Para la impregnación al vacío, se usó un rotavapor Büchi, Modelo: R II conectado a una bomba de vacío, Büchi, Modelo: V-70 donde se trasvasó el contenido de los frascos a un balón

de vidrio con 1 litro de capacidad por un tiempo de 30 minutos, técnica adaptada de los trabajos de (Valdez, et al., 2013; Arreola & Rosas, 2007).

3.4.3 Metodología de análisis proximal del ají de la accesión dulce rojo

Las metodologías para el análisis proximal se tomaron del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2018).

3.4.3.1 Análisis de humedad

Para la determinación de la humedad se utilizó una estufa (Memmert, Modelo: UFE 500), método sugerido por (AOAC, 930.04:1998).

3.4.3.2 Análisis de extracto etéreo

Para la determinación del porcentaje de grasa o extracto etéreo, se utilizó un equipo soxhlet, método sugerido por (AOAC, 936.15:1998).

3.4.3.3 Análisis de cenizas

Para determinar las cenizas en ají fresco, se utilizó una mufla (Hinra Perú, Serie: 011) según el método sugerido por (AOAC, 930.04:1998).

3.4.3.4 Análisis de fibra cruda

Para analizar la fibra cruda se siguió el método de digestión, sugerido por (AOAC 930.10:1998).

3.4.3.5 Análisis de proteínas

Para el análisis de proteínas se siguió el método Kjeldahl, sugerido por (AOAC 984.13:1998).

3.4.3.6 Determinación de carbohidratos

El contenido de carbohidratos se calculó por diferencia según lo sugerido por Collazos (1993) el cual propone la siguiente formulación.

$$\text{Carbohidratos} \left(\frac{g}{100g} \right) = 100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ ceniza} + \% \text{ de grasa} + \% \text{ de proteína}) \text{ Ec. (1)}$$

3.4.4 Análisis fisicoquímicos del encurtido de ají de la accesión dulce rojo

3.4.4.1 Análisis de pH

Para este análisis se utilizó un potenciómetro (Schot Instruments, Modelo Lab 850) previamente calibrado con buffers de pH 4 y pH 7, método sugerido por (AOAC, 981.12:1998).

3.4.4.2 Análisis de acidez

Para este análisis se siguió el método de acidez titulable propuesto por (AOAC, 942.15:1998).

3.4.4.3 Análisis de sólidos solubles

Para este análisis se utilizó un refractómetro calibrado con agua a 20°C método sugerido por (AOAC, 932.12:1998).

3.4.4.4 Análisis de concentración de sal

Para la determinación de la concentración de sal, se siguió la metodología sugerida por Valdez Fragoso , et al. (2013) mediante el uso del salinómetro por conductividad de la marca ATAGO. Se enciende con el botón START luego se tomó 0.6 µl de líquido de gobierno y se pone en la base del electrodo y apretar el botón “START” para iniciar la lectura y se tomó nota de los resultados.

3.4.5 Determinación de color en ají encurtido

Para determinar el color del ají encurtido, se siguió el método sugerido por (Mújica , *et al.* 2006) con donde se tomaron 2 muestras de ají, se modificó el método de escurrido sustituyendo un colador de metal con papel toalla, por un tiempo de 5 minutos, posterior a esto se tomó un ejemplar se puso en el colorímetro Konica Minolta modelo CR-400 y se procedió a tomar lecturas de color en el espacio CIEL*a*b*.

3.4.6 Determinación del índice de color

Para determinar el índice de color en el sistema CIEL*a*b* se siguió el método sugerido por (Vignoni , *et al.* 2006) el cual expone lo siguiente:

$$IC^* = \frac{a^* \times 1000}{L^* \times b^*} \quad \text{Ec. (2)}$$

Dónde: IC*: índice de color, L*: luminosidad, a*: coordenadas rojo/verde, b*: coordenadas amarillo/azul.

Los resultados se expresaron en la siguiente escala: si el IC * está entre -40 y -20, su valor se relaciona con los colores que van del azul violeta al verde intenso, si el IC * es de -20 a -2, su valor se relaciona con los colores que van del verde profundo al verde amarillento, si el IC * está entre -2 y +2 representa el amarillo verdoso, si el IC* está entre +2 y +20 está relacionado con los colores que van del amarillo pálido al profundo naranja y, finalmente, si el IC * está entre +20 y +40, está relacionado con los colores que van del naranja intenso al rojo intenso.

3.4.7 Cálculo de parámetros de transferencia de masa en el ají encurtido

Para el cálculo de los parámetros de transferencia de masa, pérdida de agua (WL) y ganancia de solutos (GS) se siguió el método sugerido por Rahimzade & Hesari (2007) las cuales son:

$$SG = S_i - S_f \quad \text{Ec. (3)}$$

$$WL = M_i - M_f + SG \quad \text{Ec. (4)}$$

Dónde: SG es la ganancia de solutos, S_i es la lectura inicial de sólidos (g/100g), S_f es la lectura final de sólidos (g/100g) y WL es la pérdida de agua, M_i es el peso inicial de la muestra (g), M_f es el peso final de la muestra (g).

3.4.8 Análisis de carotenoides totales

Para la determinación de los carotenoides totales, se siguió el método sugerido por Neitzke, et al.(2015) detallado en el manual del (INIA, 2018), donde se tomó una muestra de 5 ajíes encurtidos y se trituraron en el molino Tysuleiser por 30 segundos a una frecuencia de 30/s posteriormente en un tubo de centrífuga de 15ml se pesó 1g de ají encurtido triturado (precisión de 0.1 m) en un tubo de centrífuga de 15 ml al cual se le añadieron 5 ml de líquido de extracción (acetona: etanol (1:1) con 200 mg/L BHT) , posterior a esto, se llevó a una agitación en vortex por 30 segundos seguidamente se llevó a centrifugación a 3500 RPM por 5 minutos, se repitió este proceso hasta juntar 20ml de extracto en tubos de centrífuga de 50 ml protegido de la luz natural.

A los 20 ml de extracto se le añadió 10 ml de éter de petróleo y se dejó reposar por 30 minutos protegido de la luz natural, luego de ello, se le aumentaron 5 ml de agua destilada, posterior a ello, se extrajo la parte sobrenadante (fracción lipofílica), luego se tomó esta fracción y se realizó una dilución en éter de petróleo (0.5 ml de fracción lipofílica más 4.5 ml de éter petróleo) posteriormente se leyó en espectrofotómetro a 450 nm, finalmente se tomaron los datos de peso y la lectura espectrofotométrica y se remplazaron en las ecuaciones 5 y 6.

$$\beta - \text{caroteno eqv} \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right) = \frac{[(\text{Abs.} - 0.0301 / 0.3006) \times \text{Vol a diluir} \times \text{FD}] / 1000}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

Ec. (5)

$$\beta - \text{caroteno eqv} \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \beta - \text{caroteno equivalente} \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right) \times 100$$

Ec. (6)

Dónde: **Abs** = absorbancia de la muestra obtenida después de la reacción a 450 nm, **Vol. a diluir** = volumen a diluir la muestra en la primera dilución, **FD** = Volumen a diluir en una segunda dilución (solo se realiza de ser necesario), **1000** = valor de conversión de mg a g, **Peso de la muestra** = peso de la muestra registrado para la determinación. Los resultados son validados mediante una curva de calibración (anexo 1).

3.5 Diseño estadístico

Para el presente estudio se planteó un arreglo factorial 2^3 en un diseño completo al azar (DCA). Siendo los factores y niveles son los siguientes.

- **Factor A** = Presión de vacío ($a_1 = -600$ mbar, $a_2 = -200$ mbar)
- **Factor B** = Concentración de vinagre ($b_1 = 50\%$, $b_2 = 100\%$)
- **Factor C** = Concentración de sal ($c_1 = 3\%$, $c_2 = 5\%$)

Por lo tanto, el modelo a evaluar fue $2a \times 2b \times 2c$, resultando 8 tratamientos a evaluar siendo los siguientes:

Tabla 6. Valores reales y codificación de los tratamientos a evaluar, a través de un arreglo factorial 2^3

Exp	Pulso de vacío (mbar)	% Vinagre	% Sal
1	a_1	b_1	c_1
2	a_2	b_1	c_2
3	a_1	b_1	c_2
4	a_2	b_1	c_1
5	a_1	b_2	c_2
6	a_2	b_2	c_1
7	a_1	b_2	c_1
8	a_2	b_2	c_2

Los experimentos fueron evaluados cada 30 días por el tiempo de 4 meses por triplicado teniendo, así como variables de respuesta el índice de color, °brix, pH, acidez del fruto, carotenoides, y parámetros de transferencia de masa (SG y WL) tal como se muestra en la tabla

3. En cuanto al análisis estadístico de las variables respuestas, se realizaron mediante un análisis de medias repetidas, o conteo repetido, promedios y gráficos de efectos de interacciones. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software estadístico R Studio.

3.6 Esquema de trabajo

La ejecución de la presente investigación se realizó en tres etapas las cuales se esquematizan en la figura 3.

Operación	Selección	Lavado	Pesado	Envasado	Escaldado	Enfriado	Almacenado y acondicionado para la impregnación al vacío	
Recepción de materia prima (ají dulce rojo) procedente de la E.E.A Donoso - Huaral el 29 de mayo de 2018				Vinagre (%)	Sal (%)		Presión de vacío (mbar)	Tratamiento
					3%		600 mbar/ 30 min	T1
					5%		200 mbar/30 min	T2
				50%			600 mbar/ 30 min	T3
					5%		200 mbar/30 min	T4
					3%		600 mbar/ 30 min	T5
				100%			200 mbar/30 min	T6
					5%		600 mbar/ 30 min	T7
						200 mbar/30 min	T8	
Condición	Ajés dañados	H2O + NaClO 1L + 5 ml de NaClO	90 g de ají dulce rojo	90g de ají + 110 ml de líquido de cobertura	100°C 15 min	Agua fría 5 °C 20 min	Durante 4 meses, cada 30 días y por 30 min Pulso de vacío: 600 y 200 mbar Concentración de vinagre: 50 y 100% Concentración de sal: 3 y 5%	
Control	golpeados y aplastados		Peso de los ajés a ser envasados		tiempo temperatura		Análisis Físicoquímicos (pH, Acidez y °Brix) , Análisis químico (Carotenoides totales) , Análisis físicos (Peso, % de sal, color e índice de color)	

Figura 4. Esquema experimental de la evaluación de los efectos de presión de vacío, % vinagre y % sal en el proceso de encurtido de ají dulce rojo (*Capsicum chinense* Jacq)

Capítulo IV. Resultados y discusión

4.1 Análisis proximal del ají dulce rojo

Se determinaron las propiedades proximales (humedad, proteínas, extracto etéreo, cenizas, fibra cruda y carbohidratos) del ají dulce rojo (*Capsicum Chinense*).

Tabla 7. Resultados del análisis proximal del ají dulce rojo

Componente	Cantidad (%)
Humedad	82.53 ± 0.46
Proteína	2.78 ± 0.02
Extracto etéreo	3.00 ± 0.79
Cenizas	1.42 ± 0.11
Fibra cruda	5.36 ± 0.17
Carbohidratos	24.67 ± 0.64 (g/100g)

La tabla 7 muestra los resultados proximales del ají dulce rojo usado en la presente investigación comparado con otras variedades dentro del género capsicum, podemos notar que el contenido de humedad en el ají dulce rojo, está dentro del rango de humedad según lo reportado por (Arroyo ,2017) donde analizaron nueve variedades de (*Capsicun chinense*), con resultados de humedad entre 77.21 a 87,90%, esto es concordante con (Chapoñan y Medina, 2014) el cual informó que el rocoto (*Capsicum puebcens*) posee una humedad del 83.2% como se muestra en la tabla 5.

Los valores de obtenidos de proteínas se muestran en la tabla 4 y fueron de 2,78%, siendo bajos si se los compara con otros autores que reportan valores de 3.63% a 11.97% (Kuna et al., 2018; Emmanuel-Ikpeme, et al., 2014). El cambio en el contenido de proteínas se da en la maduración del fruto, esto representa una pequeña diferencia en el contenido total, esto afecta a cambios posteriores a la cosecha (Martinez, Curros, Bermudez, Carballo, & Franco , 2007).

Los valores de extracto etéreo y fibra cruda mostrados en la tabla 5 son de 3.00% y 5.36% respectivamente se muestran ser altos si se los compara con los valores del “king chilli” (*Capsicum chinense*) reportados en el estudio de (Kuna, et al., 2018).

Segura et al. (2016) reportaron que otros tipos de ají como: el (*Capsicum chinense*) denominado comercialmente como “habanero” presenta una humedad 89.8 g/100g, proteína 1.52 g/100g, lípidos 1.52 g/100g, cenizas 0.72 g/100g, carbohidratos 9.20 g/100g.

Los pimientos de las variedades pimienta de cayena (*Capsicum frutescens*), pimienta dulce (*Capsicum annum*), pimienta Bell (*Capsicum annum*), pimienta pájaro (*Capsicum frutescens*) reportaron una composición proximal de humedad 82.54 a 85.19 %, proteína cruda 2.64 a 3.51%, ceniza 1.21 - 3.03%, grasa 1.52 - 2.87%, fibra cruda 2.37 - 4.71% y CHO 4.62 - 6.71% (Ogunlade, Alebisou, & Osasuna, 2012).

Por otro lado, los pimientos (*Capsicum annum*, *Capsicum génus* y *Capsicum frutescens*) poseen valores de proteína entre 9.62% a 11.97%, un contenido de grasa entre 0.35% a 1.75%, para el porcentaje de cenizas 9.78% a 16.677% y finalmente el porcentaje de carbohidratos 58.81% a 68.28% (Emmanuel, et al. 2014).

Finalmente, Po, Siddiq, & Shahzad, (2018) mencionaron que las características proximales del pimienta rojo son humedad 92.2 g, proteínas 0.9g, ceniza 0.47g, grasa 0.3g, fibra dietaria 2.1g, también indicó que composición proximal en el pimienta verde dulce es de: humedad 93.9g, proteínas 0.9g, ceniza 0.4g, grasa 12.9g.

Tabla 8. *Composición proximal del capsicum ssp de otros estudios*

Autor	unid	Componente					
		Humedad	Proteína	Extracto etéreo	Cenizas	Fibra cruda	Carbohidratos
Arroyo (2017)	%	77.21 ± 3.01 87.90 ± 0.60	-	-	-	-	-
Chapoñan y Medina (2014)	%	83.20 ± 0.31	-	-	-	-	-
Kuna, et al. (2018)	%	-	3.63 ± 1.16	1.79 ± 0.28	-	4.63 ± 0.47	-
Emmanuel, et al. (2014)	%	-	9.62 ± 0.03 11.97 ± 0.5	0.35 ± 0.03 1.75 ± 0.02	9.78 ± 0.04 16.67 ± 0.04	-	58.81 ± 0.00 68.28 ± 0.11
Ogunlade, Alebisou, & Osasona (2012)	%	82.54 - 85.19	2.64 - 3.51	1.52 - 2.87	1.21 - 3.03	2.37 - 4.71	4.62 - 6.71
Po, Siddiq, & Shahzad (2018)	g	92.2 - 93.9	0.9	0.3 - 12.9	0.47 - 0.40	-	-
Segura, et al (2016)	g/100g	89.8	1.52	1.52	0.72	-	9.2

4.2 Efectos del pulso de vacío y concentración del líquido de cobertura sobre los pigmentos del ají dulce rojo (*Capsicum Chinense*) encurtido.

4.2.1 Índice de color

Los resultados del índice de color se muestran en la tabla 6, donde el ají dulce rojo fresco antes del proceso de encurtido muestra un valor de 38.46 lo cual según la escala de índice de color presenta una tonalidad relacionada con el rojo profundo con el pasar del tiempo, y la aplicación de pulsos de vacío, el índice de color se degrada a valores entre 27.07 (naranja intenso - rojo profundo) a 30.00 (rojo profundo), ya que el color es uno de los atributos importantes en la calidad de los alimentos. Aunque no necesariamente refleja valores nutricionales, de sabor o funcionalidad, determina la aceptabilidad de un producto por parte de los consumidores (Sahin & Gulum Sumnu, 2009).

Los colores en las hortalizas son diversos en las verduras de color verde predominan las clorofilas, en las hortalizas que poseen colores de rojo a naranja su color es determinado por el contenido de carotenoides o en algunas hortalizas de color rojo predominan las betanidina, otros pigmentos presentes en las hortalizas son los ácidos fenólicos y flavonoides estos contribuyen al color como también en algunos casos colaboran en la degradación (Espinoza, 2017). Por ello, en las hortalizas las clorofilas da tonalidades verdes, los carotenoides aportan pigmentos de color naranja, amarillo, rosa y rojo estas tonalidades también se ven en las betalainas a excepción del color rosa y finalmente los flavonoides aporta pigmento morado, azul, rojo y amarillo (Chen, 2015).

Tabla 9. *Variación del índice de color en el tiempo*

Exp	Tiempo				
	0	30	60	90	120
1	38.46 ± 0.01	31.81 ± 0.05	30.89 ± 0.01	29.42 ± 0.01	28.61 ± 0.01
2	38.46 ± 0.01	32.18 ± 0.08	31.23 ± 0.01	29.23 ± 0.01	28.82 ± 0.01
3	38.46 ± 0.01	31.60 ± 0.04	30.96 ± 0.01	28.91 ± 0.01	28.75 ± 0.01
4	38.46 ± 0.01	32.78 ± 0.01	31.79 ± 0.01	30.42 ± 0.01	29.56 ± 0.01
5	38.46 ± 0.01	34.65 ± 0.01	34.27 ± 0.01	30.34 ± 0.01	30.00 ± 0.01
6	38.46 ± 0.01	31.60 ± 0.04	30.28 ± 0.01	28.39 ± 0.01	27.07 ± 0.01
7	38.46 ± 0.01	34.15 ± 0.11	32.58 ± 0.01	28.99 ± 0.01	27.48 ± 0.01
8	38.46 ± 0.01	33.08 ± 0.01	31.28 ± 0.01	29.09 ± 0.01	28.64 ± 0.01

El análisis estadístico (tabla 9), muestra los resultados del ANOVA de medias repetidas en la cual presentó que el pulso de vacío, tiempo como también la interacción de estos ejercen efectos altamente significativos, también se apreció que la interacción de % de vinagre y pulsos de vacío en el tiempo mostraron ser significativos, en cuanto a las interacciones de sal con el pulso de vacío, no ejerce efectos significativos, en cambio la interacción de los pulsos de vacío, las concentraciones de vinagre y sal y el tiempo mostraron esto quiere decir que la aplicación de pulsos de vacío y las concentraciones de vinagre en el líquido de cobertura con el transcurrir del tiempo influyen significativamente en los cambios del IC, en cambio las concentraciones de sal del 5% y del 3% no influyen significativamente sobre el IC.

En la figura 4, se observó la interacción del tiempo y la presión de vacío en el índice de color en el cual se mostró claramente que el índice de color va disminuyendo con el paso del tiempo, pero la presión de 200 mbar con el pasar del tiempo conservó mejor los valores de índice de color que la presión de 600 mbar donde los valores de IC se ven mucho más afectados esto se puede observar desde los 30 días hasta los 120 días, donde los valores de 600 mbar se conservan por debajo de los de 200 mbar, esta separación entre ambos pulsos de vacío indicó que existe una diferencia significativa en los efectos causados por la aplicación de pulsos de vacío sobre el IC del fruto de ahí dulce rojo en encurtido.

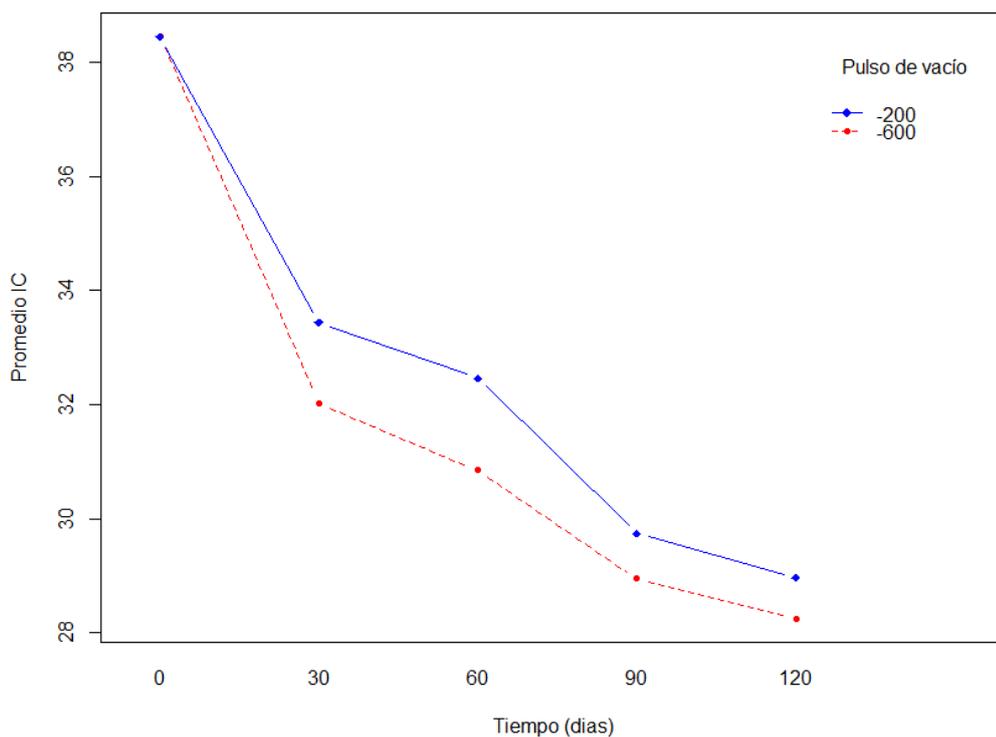


Figura 5. Interacción de tiempo y la presión de vacío sobre el IC

En la figura 5, se observa el gráfico de interacción de tiempo y el % de vinagre sobre el índice de color del cual podemos apreciar que va decreciendo, con una tendencia con el paso del tiempo entre los 30 y 60 días en los cuales observamos una separación entre las líneas lo cual indica que en ese período de tiempo el 100% de vinagre conserva en mayor medida el índice de color pero conforme pasa el tiempo y se acerca a los 90 días se observó que el 100% de vinagre, reduce de manera significativa el IC llegando a mostrar valores más bajos que la concentración del 50% de vinagre. En cuanto a la concentración del 50% de vinagre se mostró que en el período de 30 a 60 días una disminución significativa en el IC en cambio podemos observar que conforme llega a los 90 días el IC disminuye significativamente y al llegar a los 120 días comenzó a equilibrarse. En otras palabras, el vinagre de 50% en los primeros 60 días disminuyó drásticamente los valores de IC significativamente, con el transcurrir del tiempo pasando los 60 días hasta los 120 días con el transcurrir del tiempo la concentración del 100% de vinagre reduce en gran manera los valores de IC.

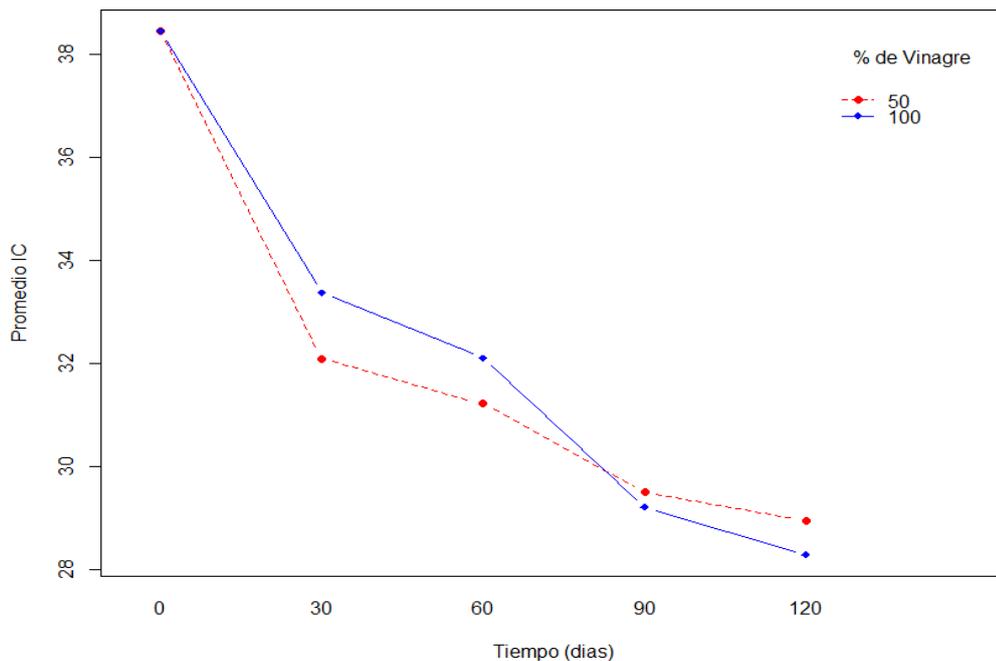


Figura 6. Interacción de tiempo y el % de vinagre sobre el IC

En la figura 6 se muestra el gráfico de interacción de tiempo y % de sal sobre el índice de color en donde podemos observar que el índice de color va decreciendo de manera similar hasta los 30 días, posterior a esto a los 60 días observamos que el 5% de sal tiene un ligero decrecimiento con respecto a los 30 días, pero en comparación con la de 3%, esta última produce un decrecimiento mayor en los valores de IC, a los 90 días ambas líneas de tendencia decrecen de manera similar teniendo valores similares de índice de color pero a los 120 días el 5% de sal, muestra un equilibrio en cambio el 3% de sal muestra un decrecimiento, es decir que la concentración del 5% conserva mejor que el 3% de sal.

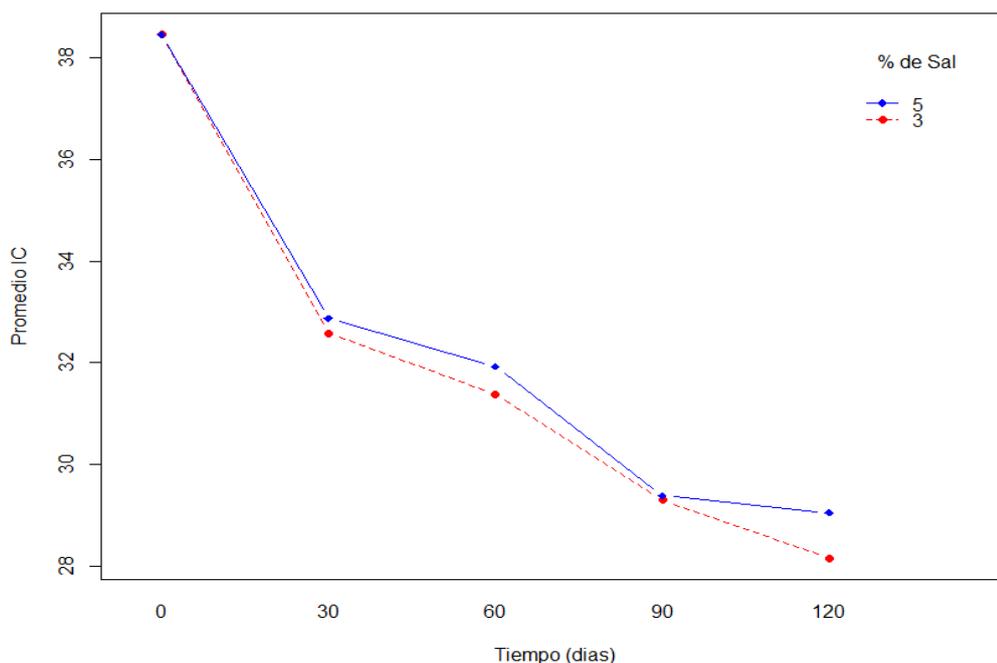


Figura 7. Interacción de tiempo y sal en IC

Valdez Fragoso , et al. (2013) estudiaron los parámetros de calidad y estabilidad en encurtidos de ají de la variedad “piquín” que fue sometido a pulsos de vacío reportando pérdidas de color de tonalidades verde brillante a verde olivo, también encontraron que este cambio de color se debió principalmente a las concentraciones de ácido acético y la relación de la concentración de ácido acético/tiempo, los mismos autores mencionan también que la degradación del color se produce cuando la concentración de ácido acético es superior al 2.3%, y es puesto a tiempos prolongados de encurtido entre 10 a 20 días.

Los cambios de color en las hortalizas se deben a la degradación de los pigmentos que éstas poseen y son carotenoides, clorofila, antocianinas y betalainas, los cuales son altamente termosensibles como lo menciona (Roberts, 2012). Los cambios de color de un producto pueden producirse durante el almacenamiento, maduración, procesado, etc. (Sahin & Gulum Sumnu, 2009), esto demuestra que los cambios de color se producen en el proceso de almacenamiento tal como se mostró en la tabla 6.

Otra forma de conservación ácida es el uso de aderezos para ensaladas a base de vinagre afecta la retención de color en las verduras, este fenómeno se observó cuando se le

añade un líquido de cobertura a vegetales como los pepinos (Gross,1991). También se reportaron pérdidas de color en la fermentación de aceitunas y repollo verde por (Minguez, Jaren, & Garrido, 1994; Heaton & Marangoni , 1996).

Khin, Zhou, & Yeo, (2007) mencionan que la deshidratación osmótica es un proceso de eliminación de agua, lo cual dentro de sus ventajas está la retención del color el cual se debe al poco daño que sufre la pared celular. Concordando con Chenlo, et al. (2006) informaron que el color de la castaña en el proceso de DO el colorl no ofrece cambios apreciables a la vista, ni son significativos solo el cambio en el campo L* donde el valor cambia de 5 a 7 unidades.

4.2.2 Carotenoides totales

En la tabla 9, se observan los resultados de la concentración de carotenoides totales del ají dulce rojo, el cual inicialmente se mostró un valor de 31.61 mg de β -caroteno equivalente/100g, posterior al proceso de encurtido, aplicación de pulsos de vacío, las diferentes concentraciones de vinagre/sal y finalmente el tiempo de almacenamiento (120 días) y concentraciones de carotenoides totales disminuyeron a valores entre 20.31 mg de β -caroteno equivalente/100g a 23.38 mg de β -caroteno equivalente/100g.

Tabla 10. Variación del contenido de carotenoides totales en el tiempo

Exp	Tiempo				
	0	30	60	90	120
1	31.61 ± 2.72	24.94 ± 0.06	23.79 ± 0.07	22.45 ± 0.18	21.60 ± 0.05
2	31.61 ± 2.72	24.98 ± 0.05	23.44 ± 0.04	21.11 ± 0.02	20.22 ± 0.12
3	31.61 ± 2.72	24.82 ± 0.03	23.21 ± 0.02	22.17 ± 0.07	21.98 ± 0.06
4	31.61 ± 2.72	26.03 ± 0.03	24.35 ± 0.08	23.55 ± 0.06	22.55 ± 0.05
5	31.61 ± 2.72	28.15 ± 0.05	27.42 ± 0.01	23.76 ± 0.03	23.38 ± 0.05
6	31.61 ± 2.72	25.42 ± 0.02	24.32 ± 0.05	21.53 ± 0.05	21.89 ± 0.06
7	31.61 ± 2.72	27.70 ± 0.03	25.51 ± 0.06	21.94 ± 0.04	20.31 ± 0.04
8	31.61 ± 2.72	26.36 ± 0.01	24.41 ± 0.05	22.28 ± 0.05	21.94 ± 0.10

El análisis estadístico (tabla 8) indica que el pulso de vacío, en el tiempo ejercieron efectos significativos sobre la concentración de carotenoides totales, como también los efectos de las concentraciones de vinagre en el tiempo tuvieron significancia sobre la concentración de carotenoides totales. Es decir, que los cambios en la concentración de carotenoides totales son consecuencia de la aplicación de pulsos de vacío, la concentración de vinagre en el líquido de cobertura y el tiempo en cambio las concentraciones de sal no tuvieron ningún efecto sobre la concentración de carotenoides totales.

Espinoza (2017), estudió el contenido de carotenoides en la especie (*Capsicum Chinense*) tiene valores de carotenoides entre 4.49 mg de β -caroteno/100g a 187.85 mg de β -caroteno/100g, los ajíes que presentaron un color rojo presentan valores de 141.29 mg de β -caroteno/100g a 187.85 mg de β -caroteno /100g, también Gregory, Chen , & Thomas (1987) reportaron valores de 280 ug/gm de carotenoides totales en pimientos rojos. También Pugliese, et al. (2013) cuantificaron el contenido de carotenoides en frutos maduros de cultivar Cayenna (*Capsicum annuum*) de color amarillo el cual muestra inicialmente un valor de 2,4 mg de β -caroteno/100g, en otras especies de ají en el cultivar Campana (*C. baccatum*) reporta valores de 125,8 mg de β - caroteno/100g.

Guerra et al. (2001) mencionan que el ají (*Capsicum annuum L*) comercialmente denominado “jalapeño” que presenta un color verde, llegaron a poseer concentraciones de carotenoides de 0.305 mg/100 g y 0.377 mg/100 g, esto demuestra que los carotenoides están presentes en menor cantidad en frutos que no necesariamente presenten tonalidades de amarillo a rojo. Esto demuestra que los carotenoides al ser el principal pigmento del ají (*Capsicum ssp*), éstos varían de color de acuerdo con la concentración de β -carotenos en sus tejidos.

En la figura 7, se muestran los efectos del pulso de vacío sobre la concentración de carotenoides totales de los cuales podemos observar que con el paso del tiempo estas van disminuyendo su concentración, hasta los 90 días mostró una similitud en la reducción de los valores de carotenoides totales, a los 120 días se observó una intersección entre la línea roja que representa 600 mbar en la cual se aprecia un estancamiento en la concentración de carotenoides totales, y la azul que presenta a 200 mbar mostró una continuación en el decrecimiento de la concentración de carotenoides totales. En otras palabras, estos resultados mostraron que los efectos de pulsos de vacío sobre la concentración de carotenoides totales, cuando se aplicó el pulso de 200 mbar de vacío al encurtido de ají dulce rojo estos mostraron una mayor retención en la concentración de carotenoides totales a los 30 días, pero estos continúan disminuyendo con el tiempo hasta los 120 días, pero cuando a la presión de 600 mbar de vacío al encurtido de ají dulce rojo mostró también una disminución en la concentración de carotenoides totales hasta los 90 días ya que a los 120 días mostró un equilibrio de la concentración de carotenoides totales.

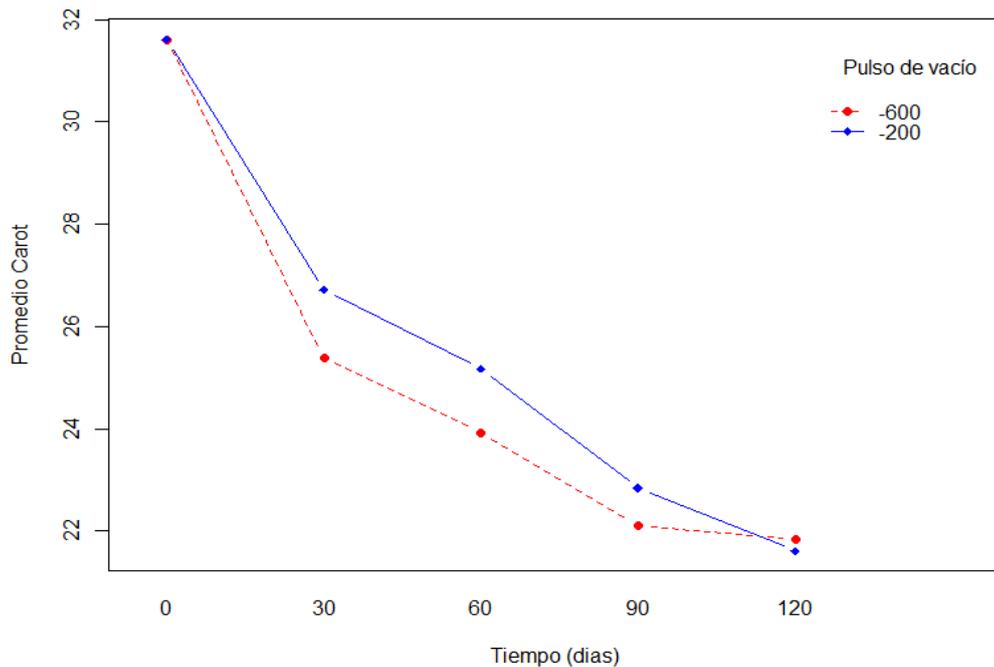


Figura 8. Interacción de tiempo y pulso de vacío sobre la concentración de carotenoides totales del ají dulce rojo en encurtido

La figura 8, muestra la interacción de tiempo y vinagre sobre los carotenoides totales, podemos observar que la concentración de vinagre del 100% y del 50% en el período de 30 a 60 días tuvieron un ligero estancamiento, a partir de los 60 días observamos que el 50% de vinagre disminuye continuamente hasta los 120 días en cambio la concentración del 100% de vinagre en el período de 60 a 90 días disminuye de manera significativa, y al llegar a los 120 días comenzó a equilibrarse. Es decir, que en período inicial de 30 a 60 días la concentración del 100% conservó mejor la concentración de carotenoides totales pero posteriormente a los 120 días, llega a un equilibrio, en cambio, el 50% de vinagre inicialmente hasta los 60 días muestra una retención más baja de carotenoides totales, en cambio, con el transcurrir del tiempo éste disminuye de manera constante sin llegar a un equilibrio.

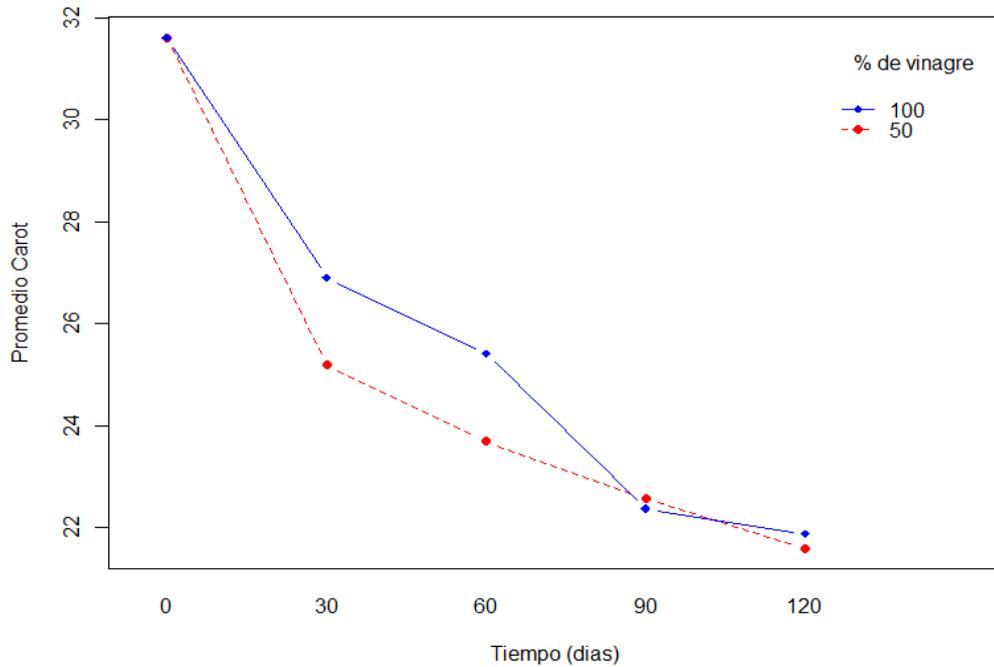


Figura 9. Interacción de tiempo y vinagre sobre los carotenoides totales

En la figura 9 se expone la interacción de tiempo y sal sobre los carotenoides totales, la cual presentó claramente una disminución en las concentraciones de carotenoides totales a los 30 días manifestaron una similitud es decir que no tuvieron significancia entre sí, a los 60 y 90 días, la línea azul que corresponde al 5% y la línea roja que corresponde a la del 3%, exhibieron una ligera separación más notoria pero continuó reduciendo en estos períodos de tiempo, en cambio, a los 120 días el distanciamiento entre las líneas de 3% de sal y 5% de sal expuso una separación más clara continuó disminuyendo es decir, el acercamiento de ambas concentraciones de 5% y 3% de sal expusieron efectos pocos significativos sobre los carotenoides. En el caso que se tenga que elegir una concentración de sal, que más reduce la concentración de carotenoides sería la de 3%.

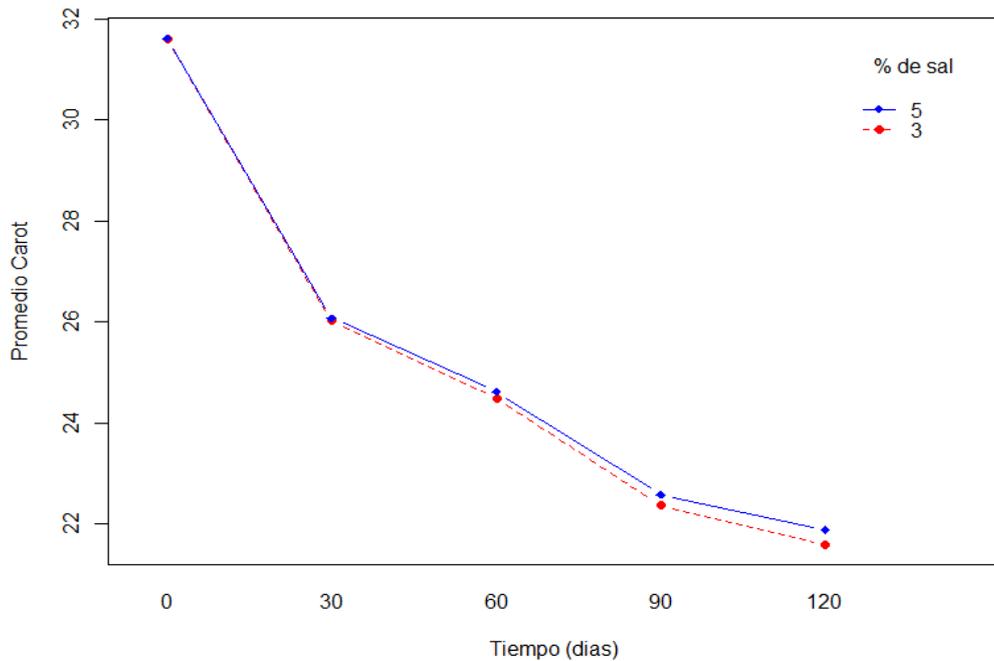


Figura 10. Interacción de tiempo y sal sobre los carotenoides totales

En cambio, Park, Kim, & Moon (2011) estudiaron un encurtido de ají paprika (*Capsicum Annuum L.*) que fue almacenado por 42 días a niveles de pH= de 2.78 y 3.12, y observaron que la concentración de β -carotenos disminuyó con el pasar del tiempo, obteniendo valores iniciales de 6.60mg de β -caroteno/100g y finalmente, a los 42 días de almacenamiento 0.47mg de β -caroteno/100g. Por otro lado, Gustavo, Odebrecht, & Regina (2011) mostraron que el puré de calabaza almacenada por 180 días la variedad “C. maxima Exposição” y expusieron un descenso en su concentración de β -carotenos ya que en el día 0 muestra un valor de 0.01162 μg de β -caroteno /g \pm 2.39 y a los 180 días muestra un valor de 0.01003 μg de β -caroteno /g \pm 1.35.

Guerra, et al. (2001) trabajaron con el proceso de enlatado de ajíes “jalapeños” (*Capsicum annuum L*) con vinagre y sal al 2% el cual mostró un contenido inicial de β -carotenos es de 0.381 mg de β -carotenos /100g observaron que posterior al proceso de enlatado los ajíes “jalapeños” retuvieron 116.36 – 5.95% de β -carotenos, el mismo autor menciona, que la sal influye de manera negativa.

Meléndez, Vicario, & Heredia (2004) indicó que los carotenoides extraídos no son relativamente resistentes a valores de pH extremos, por otro lado, Kidmose, et al. (2000) señalaron que los carotenoides son sensibles frente a los efectos del pH, eso se debe, a que los carotenoides no son estables a pH extremos; debido a que los álcalis pueden generar isomerizaciones cis/trans de ciertos dobles enlaces, reagrupamientos y desestabilizaciones; el isomerismo de los pigmentos de los carotenoides empieza tan pronto como son solubilizados, y no puede ser detenido por el almacenamiento en frío (Arellano. , 2011).

4.3 Efectos del pulso de vacío y concentración del líquido de cobertura sobre las propiedades fisicoquímicas del encurtido de ají dulce rojo (*Capsicum Chinense*).

4.3.1 pH del líquido de cobertura

En la tabla 10, se muestran los resultados de pH encurtido con sus respectivas variaciones en el tiempo, los cuales en los diferentes tratamientos que poseían un 50% de vinagre y 50% de agua destilada en el líquido de gobierno, mostraron valores entre 3.42 y 3.46 en cambio los tratamientos que poseían un 100% vinagre en el líquido de gobierno, mostraron valores entre 3.21 y 3.28 manteniéndose claramente por debajo de 4.5 siendo este valor, el máximo permitido para los encurtidos.

Tabla 11. Variación del pH del líquido de cobertura en el tiempo

Exp	Tiempo				
	0	30	60	90	120
1	2.64 ± 0.01	3.53 ± 0.02	3.78 ± 0.03	3.66 ± 0.04	3.46 ± 0.03
2	2.72 ± 0.02	3.55 ± 0.03	3.61 ± 0.02	3.42 ± 0.06	3.42 ± 0.01
3	2.65 ± 0.02	3.56 ± 0.03	3.57 ± 0.02	3.43 ± 0.01	3.44 ± 0.01
4	2.68 ± 0.01	3.54 ± 0.04	3.57 ± 0.01	3.49 ± 0.01	3.49 ± 0.01
5	2.62 ± 0.02	3.34 ± 0.02	3.35 ± 0.02	3.30 ± 0.02	3.21 ± 0.01
6	2.65 ± 0.02	3.39 ± 0.01	3.40 ± 0.04	3.33 ± 0.01	3.23 ± 0.01
7	2.61 ± 0.02	3.39 ± 0.05	3.42 ± 0.04	3.33 ± 0.03	3.28 ± 0.02
8	2.56 ± 0.02	3.31 ± 0.04	3.35 ± 0.03	3.23 ± 0.01	3.21 ± 0.02

El análisis estadístico (tabla 11), expuso que los pulsos de vacío por sí solos, no tuvieron efectos significativos sobre los cambios de pH del líquido de cobertura, sin embargo, el tiempo sí ejerció un efecto significativo sobre el pH del líquido de cobertura, como también los pulsos de vacío, las concentraciones de sal y vinagre con el pasar del tiempo sí tuvieron efectos significativos sobre el pH. Es decir, que los pulsos de vacío en determinadas etapas de tiempo aplicados al encurtido de ají dulce rojo, junto a las concentraciones de vinagre y sal en los diferentes tratamientos producen variaciones de pH.

La tabla 9, muestra inicialmente un incremento drástico en sus valores de pH esto coincidió con (Flora & Heaton, 1979) quienes expusieron que el pH de los pimientos enlatados aumenta en el almacenamiento, también que los equilibrios de pH son más completos en pimientos bañados, que en pimientos sometidos a acidificación en un contenedor, también, se expuso que los valores iniciales de pH oscilan entre 2.56 a 2.72 estos valores fueron bajos respecto a lo mencionado por Shetty, Paliyath, Pometto, & Levin, (2006) los cuales indicaron que el pH del vinagre es de 2.9 también definió al vinagre como un ácido débil, el uso del vinagre debe de tener como mínimo un 3.6% de ácido acético para prevenir el crecimiento de bacilos y levaduras de ácido láctico, demostrando así, que el pH del vinagre en el líquido de cobertura dependió del porcentaje de ácido acético/agua destilada presente.

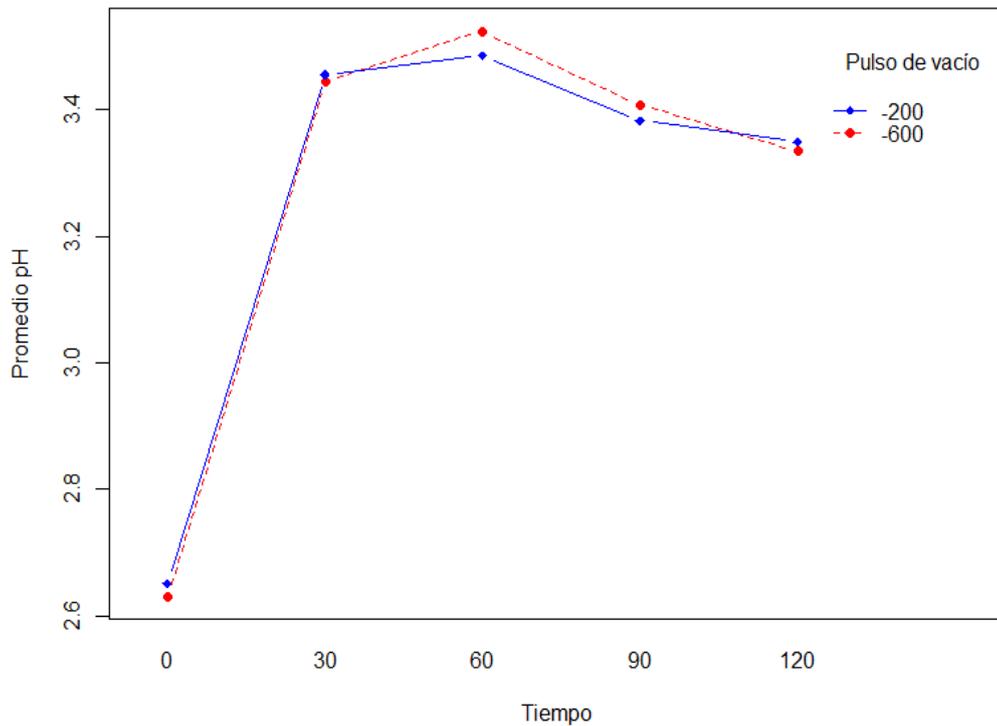


Figura 11. Interacción de tiempo y la presión de vacío en pH

La figura 11, muestra las interacciones de los pulsos de vacío y los valores de pH en relación al tiempo donde claramente se expuso que con el pasar del tiempo, éste se fue incrementando a los 30 días ambos pulsos de vacío de 200 mbar (línea azul) y 600 mbar (línea roja) están juntas, lo cual indica que en ese período de tiempo los efectos de los pulsos de vacío sobre el pH no son significativos a los 60 días los efectos muestran significancia, al mostrar una separación entre ellos, en el período de 90 días muestra una significancia a los 120 días ambas líneas están juntas lo cual muestra poca significancia, la tendencia de la línea azul correspondiente a 200 mbar a partir del día 60 al 90 disminuye y al llegar a los 120 días muestra un estancamiento, la línea roja que representa los 600 mbar a partir del día 60 muestra una continua disminución hasta los 120 días, en resumen los pulsos de vacío sí influyen sobre el pH siendo el de 600 mbar aumenta más que 200 mbar y proponemos que debe haber influencia en la frecuencia de aplicación y su efecto al equilibrio final. En resumen, el pulso de 200 mbar mostró valores inferiores de pH y más efectiva y más recomendada, para la

conservación del ají dulce rojo. Los valores cambian dentro de los primeros 30 días y son importantes, aunque a los 90 y 120 días ya están en equilibrio el PH, existe valores paralelos (50% y 100% vinagre) que no se intersecan ente sí.

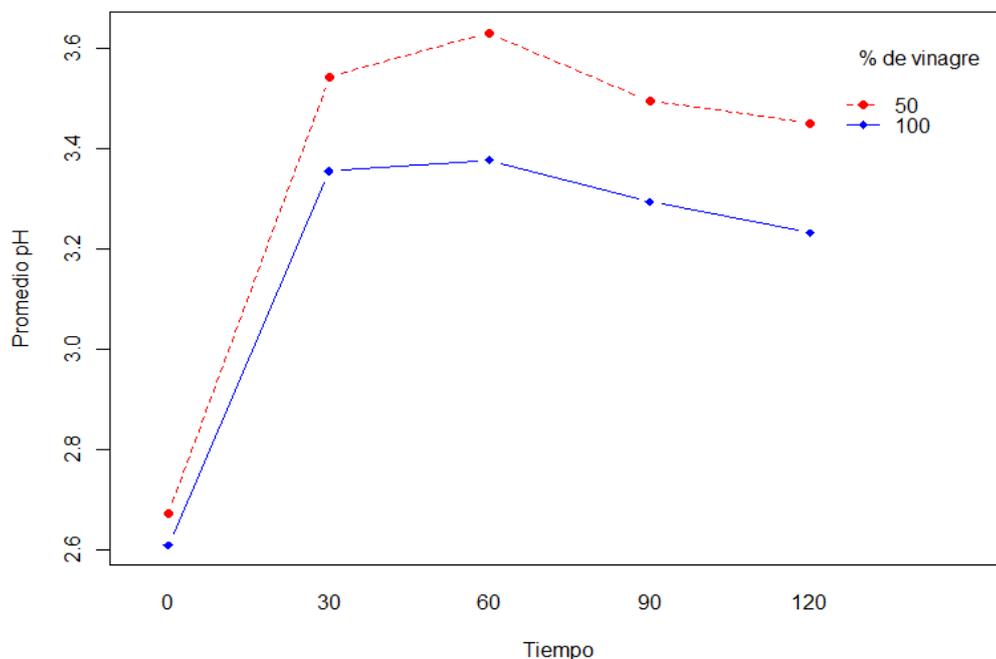


Figura 12. Interacción de tiempo y vinagre en pH

En la figura 12 se muestra la interacción de tiempo y vinagre en pH donde claramente se muestra que el 50% de vinagre (línea roja) en el período de 0 a 30 días ésta se incrementa severamente hasta los 60 días donde comienza a mostrar un estancamiento hasta los 90 días, en este período de tiempo se observa una disminución de los efectos del vinagre sobre el pH, hasta que finalmente muestra un estancamiento a los 120 días, en cambio la línea azul que representa al 100% vinagre en los períodos de 0 a 60 días tienen un crecimiento similar a la del 50% (línea roja) , a partir de los 60 a los 120 días se observa una reducción constante. La separación entre ambas líneas de tendencia indican que los efectos del % de vinagre tanto del 50% y del 100% sobre el pH son significativos.

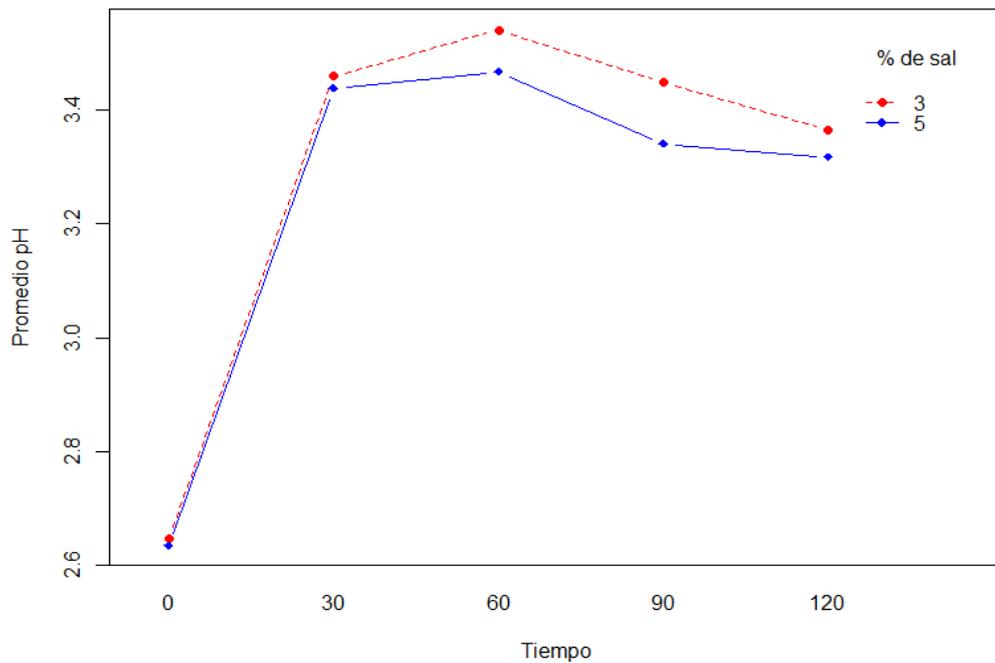


Figura 13. Interacción de tiempo y sal en pH

La figura 12, expone la interacción de tiempo y sal en pH, donde se observó claramente que la línea azul que representa al 5% de sal y la roja que representa al 3% de sal a los 30 días mostró tener poca significancia debido a que ambas líneas están juntas, a los 60 días en adelante mostraron significancia, debido a que mostraron un distanciamiento entre sí. La línea roja que corresponde al 3% de sal mostró un incremento hasta el período de 60 días a partir de ahí hasta los 120 días va decreciendo, en cambio, la línea que corresponde al 5% tuvo un comportamiento similar ya que en los períodos de 0 a 30 días muestra un comportamiento similar a la del 3% de sal, a los 60 días mostró un ligero incremento, a los 90 días mostró un descenso, y por último, a los 120 días mostró estancamiento en los valores de pH, esto quiere decir, que el porcentaje de sal que mantiene un pH bajo es 5%. Los rangos de pH inicial están entre 2.56 a 2.72 en los tratamientos, y al término del almacenamiento el pH de equilibrio fue de 3.21 a 3.49. Los mejores tratamientos para mantener pH bajos son tratamiento 8,5, 6 y 7 a lo largo del almacenamiento. Tener un pH con tendencia bajo contribuye a la conservación.

Acosta, et al. (2015) demostraron que en un encurtido de zanahoria tiene un pH de equilibrio de <3.9 a 4.4. Pero esto, no se cumplió en el estudio de Shoup, et al. (1975) quienes mencionaron que los pepinillos encurtidos con ácido acético llegaron a poseer un valor de pH inicial de 2.7 y llegaron a un equilibrio con un valor de pH 3.3 y después de ocho meses en almacenamiento llegó a poseer un pH de 3.4, también se estudiaron los cambios de pH en líquidos de cobertura compuestos por la combinación de ácido láctico mezclado con ácido acético los cuales muestran un pH inicial de 2.7 y llega al equilibrio con un valor de pH de 3.3, al paso de ocho meses el valor del pH llega a 3.4 los valores de equilibrio y de ocho meses de almacenamiento, son iguales para la combinación de ácido acético mezclado con ácido cítrico, esto demuestra que los valores de pH en los encurtidos dependen de la concentración del ácido presente en el líquido de cobertura y la materia prima a conservar.

Derossi, De Pilli, & Severini (2010) estudiaron la acidificación de ajíes en rebanadas en las cuales, observaron una disminución significativa del pH cuando a éstos se le aplicaron pulsos de vacío con relación a la acidificación tradicional a presión atmosférica.

Ding, et al. (2018) indican que el pH de las frutas en encurtido tiene una variación de 1.9 a 4.1, con pH promedio de aproximadamente 3.4 la mayoría de sus tratamientos mostraron valores superiores a 3.0. Valdez Fragoso et al. (2013) estudiaron al ají “piquín” en encurtido, mostrando que los valores de pH disminuyeron de 4.9 a 2.9 a partir de los 15 días ya se apreció una estabilidad en los valores de 2.9. Park, Kim, & Moon (2011) tuvo valores de pH iniciales con un valor de 2.78 y a los 42 días el valor del pH cambia a 3.12, Los mejores tratamientos que se mostraron fueron los que tengan menores valores de PH y son 8 y 5. 6 y 7 son también los que siguen. Estos valores se observaron bien, a los 30 días.

4.3.2 Acidez del ají dulce rojo

La tabla 12 expone los resultados de la acidez del ají dulce rojo que inicialmente poseyó un valor inicial de 0.28 % de ácido cítrico como se observó en la tabla 11 los cambios de acidez se produjeron en función, a la concentración de vinagre en el líquido de cobertura en los diferentes tratamientos, por ello se observó diferencias entre los que poseían 50% de vinagre y 50% de agua destilada mostraron valores que oscilaban del 8.26 % a 9.17 % de ácido acético, en cambio, los tratamientos que poseen 100% de vinagre en su líquido de cobertura, muestran valores entre el 12.75 % a 14.01% de ácido acético.

Tabla 12. Variación de acidez del ají dulce rojo encurtido en el tiempo

Exp	Tiempo				
	0	30	60	90	120
1	0.28 ± 0.01	6.95 ± 0.02	7.74 ± 0.02	8.59 ± 0.02	8.88 ± 0.02
2	0.28 ± 0.01	7.42 ± 0.01	8.62 ± 0.02	8.88 ± 0.02	9.17 ± 0.01
3	0.28 ± 0.01	7.01 ± 0.01	7.89 ± 0.01	8.21 ± 0.02	8.26 ± 0.01
4	0.28 ± 0.01	6.51 ± 0.02	7.94 ± 0.01	8.56 ± 0.01	8.97 ± 0.02
5	0.28 ± 0.01	11.02 ± 0.01	12.13 ± 0.03	12.52 ± 0.01	12.75 ± 0.02
6	0.28 ± 0.01	10.40 ± 0.02	13.83 ± 0.01	13.92 ± 0.02	14.01 ± 0.02
7	0.28 ± 0.01	10.79 ± 0.02	12.23 ± 0.01	13.43 ± 0.03	13.81 ± 0.01
8	0.28 ± 0.01	9.85 ± 0.02	11.29 ± 0.01	12.99 ± 0.01	13.01 ± 0.01

Mettler (2012), indica que la acidez es un parámetro importante en los alimentos, ya que no solo influye en el sabor de éste, sino también en la capacidad de proliferación de microorganismos, el mismo autor también mencionó que a mayor sea la acidez de un alimento, menos probabilidades hay de un deterioro microbiano, considerando esto, la acidez inicial del ají dulce rojo (*Capsicum Chinense*) que se utilizó para la elaboración de encurtido tal como mostró valores de 0.28% de ácido cítrico teniendo un valor similar cuando se lo compara con el aji limo (*Capsicum Chinense Jacq*) tiene una acidez del 0,256 % de ácido cítrico valor reportado por (Delgado, 2018). Esto demuestra que la acidez en los frutos del genero *Capsicum ssp* dependen de la variedad y del manejo agronomico, que éstos tienen previos a ser cosechados.

La figura 13 muestra la interacción de la acidez con los pulsos de vacío con respecto al tiempo, donde se expuso claramente los pulsos de 600 mbar (línea de color rojo) y 200 mbar (línea azul) muestran un incremento constante entre los primeros 30 días, de los 30 días en adelante se mostró un incremento constante para ambos pulsos de vacío hasta el período de 90 días, también se apreció que en el período 90 a 120 días, en ambos pulsos de vacío se observaron un ligero incremento en los 200 mbar (línea azul), ambas líneas de pulso de vacío se mantuvieron juntas lo cual quiere decir, que produjeron el mismo efecto sobre el pH lo cual quiere decir que los efectos de los pulsos de vacío sobre el pH del líquido de cobertura, no presentaron diferencias significativas a considerar.

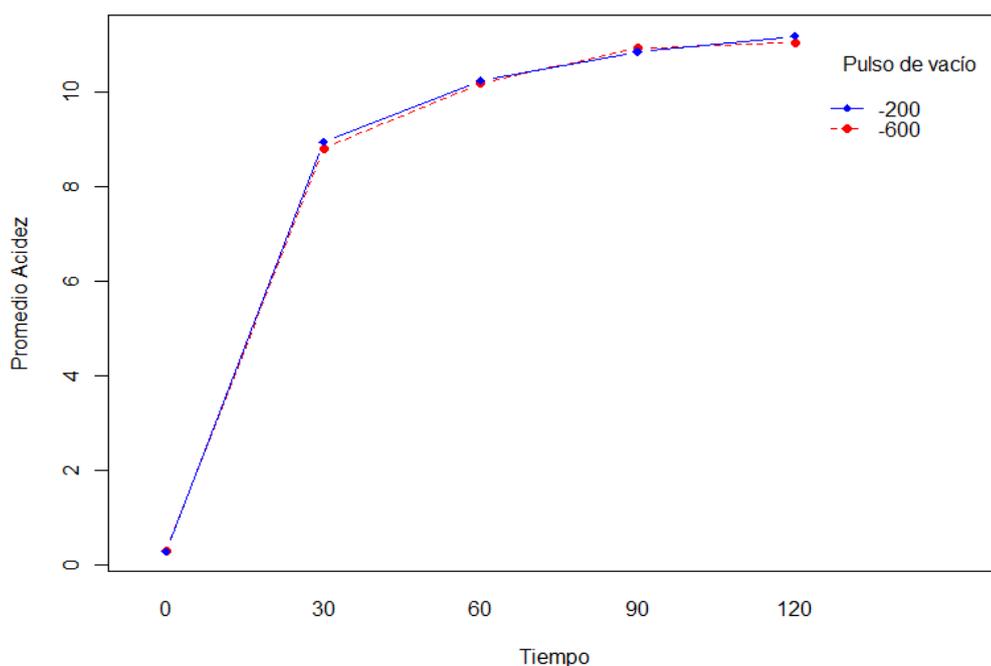


Figura 14. Interacción de tiempo y la presión de vacío en Acidez

La figura 14 muestra la interacción de las concentraciones de vinagre contenido en el líquido de cobertura del encurtido de ají dulce rojo sobre la acidez con respecto al tiempo, en el cual podemos apreciar claramente que la concentración del 100% de vinagre en el líquido de cobertura (línea azul) entre el período de 0 a 30 días mostró un notable incremento de la acidez a partir del día 30 en adelante, se observó que se incrementa de manera constante hasta

los 120 días, por otra parte, la concentración del vinagre de 50% en el líquido de cobertura (línea roja) sigue la misma tendencia de incremento constante, pero ambas concentraciones de vinagre presentaron una separación entre ambas concentraciones donde fue claramente superior la concentración del 100% esta separación, quiere decir que las concentraciones de vinagre mostraron de diferencias significativas sobre la acidez del ají dulce rojo encurtido en el tiempo.

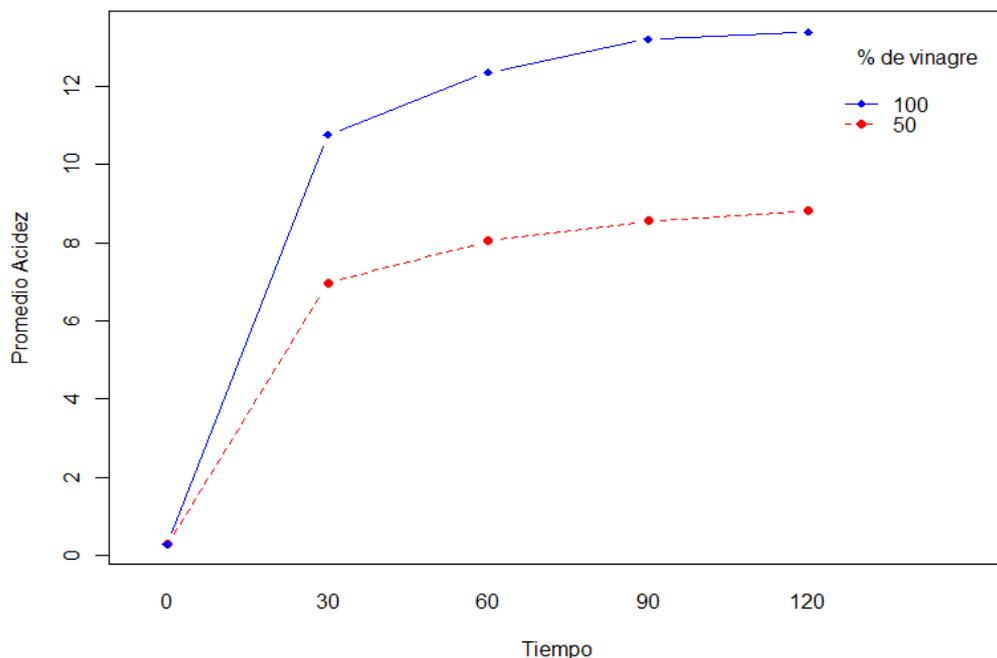


Figura 15. Interacción de tiempo y vinagre en Acidez

La figura 15 muestra la interacción de la concentración de sal con la acidez del ají dulce rojo en encurtido y el tiempo, se pudo observar que en el período 0 a 30 días las concentraciones de sal de 3% (línea roja) y la concentración de sal del 5% (línea azul) se muestran juntas, lo cual indicó que en este período de tiempo no existen diferencias significativas entre los efectos que causan ambas concentraciones de sal sobre la acidez del ají dulce encurtido en este período de tiempo, a partir de los 30 días hasta los 120 días se observó que las concentraciones del 5% de sal (línea azul) y la de 3% de sal (línea roja) mostró

una separación más elevada lo cual expuso que los efectos que produce las concentraciones de sal, son significativos a partir de los 30 días en hasta los 120 días.

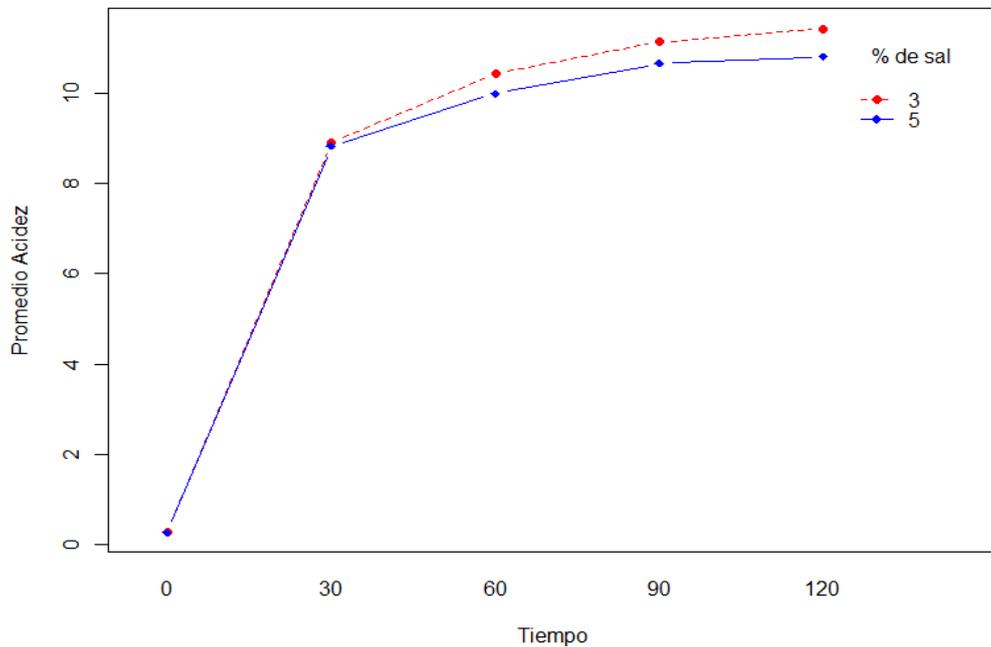


Figura 16. Interacción de tiempo y sal en Acidez

La acidez de un encurtido varía dependiendo del líquido conservante utilizado, una forma de ver la acidificación de los vegetales es medir el pH del producto a encurtir, Los pepinillos poseen un pH inicial de 6.0 después del proceso de encurtido su pH varió entre 3.30 y 4.02 (Dupas de Matos, et al., 2019). Por ello, la acidificación de los vegetales encurtidos permiten reducir la A_w y el pH, estabilizándola para impedir el crecimiento microbiano, sin embargo, es importante tener en cuenta que la acidificación del tejido, puede generar ablandamiento y pérdida del color, lo que disminuye la calidad del producto (Daeschel, Fleming, & Pharr, 1990).

Shoup et al (1975) informaron sobre los cambios en la acidez del líquido de cobertura en pepinos encurtidos cuyo líquido de cobertura está compuesto de ácido acético muestra una acidez inicial de 4.4% de ácido acético alcanza el equilibrio con un valor de 2.8% de ácido acético, y después de ocho meses de almacenamiento alcanza un valor de 2.4% de ácido

acético; estas disminuciones en los valores de acidez se deben a fenómenos de transferencia de masa y acidificación de encurtidos, también se produjeron encurtidos cuyos líquidos de cobertura están compuestos por la mezcla de ácido acético con ácido láctico, así como ácido acético con ácido cítrico que tienen valores iniciales de 3.1% de ácido acético, estos líquidos de cobertura alcanzan el equilibrio con una acidez de 2.0% de ácido acético y 2.2% de ácido acético respectivamente después de ocho meses de almacenamiento, los valores disminuyeron en el 1.9% de ácido acético y 2,0% de ácido acético. Quipo, Ramírez, Rojas y Ordoñez (2013) mencionan que la acidez del pimentón (*Capsicum Annum L*) registró un valor de 0.10% de ácido cítrico, pero cuando se aplica en tratamientos térmicos, la acidez de éste varía según el método de cocción utilizado: agua (0,07% de ácido cítrico), vapor (0,08% de ácido cítrico) y microondas (0,09% de ácido cítrico).

Valdez Fragoso *et al.* (2013) estudiaron un encurtido de ají "piquín" en donde determinaron que la acidez fue de 0,6% de ácido ascórbico, Valdez Fragoso *et al.* (2009) también realizaron un estudio en un encurtido pimiento "cherry" el cual tuvo una acidez inicial del 0.691% de ácido cítrico, el trabajo de Fleming, Thompson y Mc Feeters (1993) estudiaron los pimientos "red cherry" y ají "jalapeño" en vinagre así como sus efectos causados por el cloruro de calcio, el ácido acético, mencionan que la acidez se altera de acuerdo con la concentración de ácido y la aplicación de tratamiento térmico de la que obtiene los valores de ácido para la pimienta "red cherry" tuvo valores entre 2.03% y 4.26% de ácido acético, en el ají "jalapeño" presenta valores entre 2.12% y 4.31% de ácido acético, y finalmente para encurtidos los valores de acidez tienen valores entre 2.06% y 4.22% de ácido acético. En el proceso de deshidratado osmótico del aguaymanto donde la acidez cae a un mínimo del 1,128% de ácido cítrico (Cortijo Mendoza *et al.*, 2017).

4.3.3 Sólidos solubles

La tabla 13, muestra los resultados de los sólidos solubles presentes en el líquido de gobierno, y su variación en el tiempo, los resultados en el tiempo 0 se observaron que los tratamientos que poseían el 3% de sal en su líquido de cobertura expuso valores entre 5.00 °Brix a 6.25 °Brix por otro lado los tratamientos que tienen 5% de sal en su líquido cobertura mostraron valores de entre 6.75 °Brix a 7.85 °Brix.

Tabla 13. Variación de los sólidos solubles en el tiempo

Exp	Tiempo				
	0	30	60	90	120
1	5.00 ± 0.10	5.85 ± 0.01	6.10 ± 0.01	6.30 ± 0.04	6.30 ± 0.01
2	6.75 ± 0.02	7.45 ± 0.01	7.85 ± 0.01	8.15 ± 0.01	8.70 ± 0.01
3	7.05 ± 0.02	7.35 ± 0.01	7.95 ± 0.02	8.25 ± 0.01	8.55 ± 0.01
4	5.15 ± 0.01	5.60 ± 0.01	6.20 ± 0.01	6.40 ± 0.01	6.35 ± 0.02
5	7.23 ± 0.06	7.95 ± 0.01	8.20 ± 0.01	8.40 ± 0.02	8.35 ± 0.02
6	6.25 ± 0.03	6.05 ± 0.01	7.05 ± 0.01	7.20 ± 0.02	7.15 ± 0.02
7	5.65 ± 0.01	7.00 ± 0.01	7.65 ± 0.01	7.85 ± 0.03	7.85 ± 0.02
8	7.85 ± 0.02	8.15 ± 0.01	8.35 ± 0.02	8.75 ± 0.01	8.90 ± 0.03

El análisis estadístico (tabla 13), muestra que los sólidos solubles contenidos en el líquido de cobertura, el mismo que mostró que los pulsos de vacío y el transcurrir del tiempo de manera independiente, ejercen efectos significativos, como también la aplicación de pulsos de vacío junto a las concentraciones de sal con el transcurrir del tiempo, tuvieron efectos significativos sobre los sólidos solubles, también las concentraciones de sal y vinagre en el tiempo, ejercen efectos significativos sobre los °Brix del líquido de cobertura del encurtido de ají dulce rojo. En resumen, la aplicación de pulsos de vacío y las concentraciones de vinagre y sal en el líquido de gobierno, y el transcurrir del tiempo producen cambios en los sólidos solubles del líquido de cobertura del ají dulce rojo.

La figura 16, muestra la interacción de tiempo y los pulsos de vacío sobre los sólidos solubles del líquido de cobertura del ají encurtido, el cual muestra que el pulso de vacío de

200 mbar (línea azul) mostró un incremento constante entre los períodos de tiempo de 0 a 60 días, a partir de los 60 días hasta los 120 días comenzó a mostrar estancamiento en el incremento de los sólidos solubles, un comportamiento similar se observó en el pulso de vacío de 600 mbar (línea roja) incrementando de manera constante en los períodos de 0 a 60 días comenzó a mostrar estancamientos en los períodos de tiempo de 60 a 120 días, es decir, que ambos pulsos de vacío al mostrar un distanciamiento entre sí, ésto quiere decir que los pulsos de vacío ejercieron diferencias significativas en los sólidos solubles del líquido de cobertura con el transcurrir del tiempo.

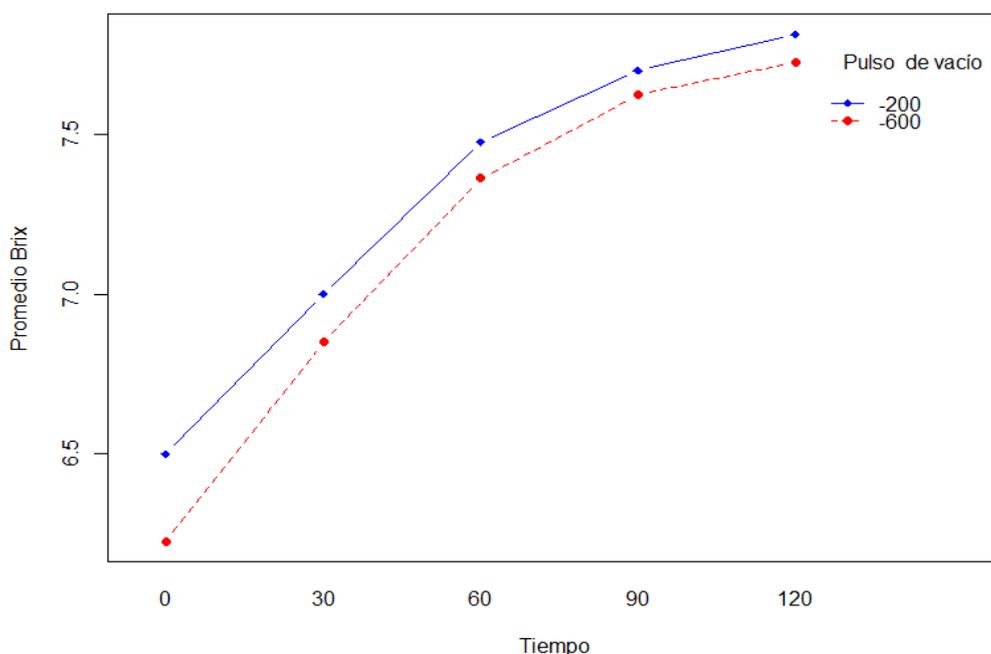


Figura 17. Interacción de tiempo y los pulsos de vacío en °Brix

La figura 17, mostró la interacción % de vinagre en los °Brix con el transcurrir del tiempo, la concentración del 100% de vinagre en el líquido de cobertura (línea azul) mostró un crecimiento constante en el períodos de 0 a 60 días, se mostró un estancamiento en el período de tiempo de 60 a 90 días, posterior a este período en el período de 90 a 120 días mostró un estancamiento de los valores de sólidos solubles, en cambio, la concentración del 50% (línea roja) mostró claramente un incremento en el periodo de tiempo ente los 0 a 60 días, posterior a esto en el período entre los 60 a 120 días muestra un crecimiento constante

en los valores de sólidos solubles, también la figura 18 mostró una separación de las concentraciones de vinagre de 100% y 50% mostró que tienen diferencias significativas entre sí, con relación a los efectos del % de vinagre sobre los sólidos solubles del líquido de cobertura, en el encurtido de ají dulce rojo .

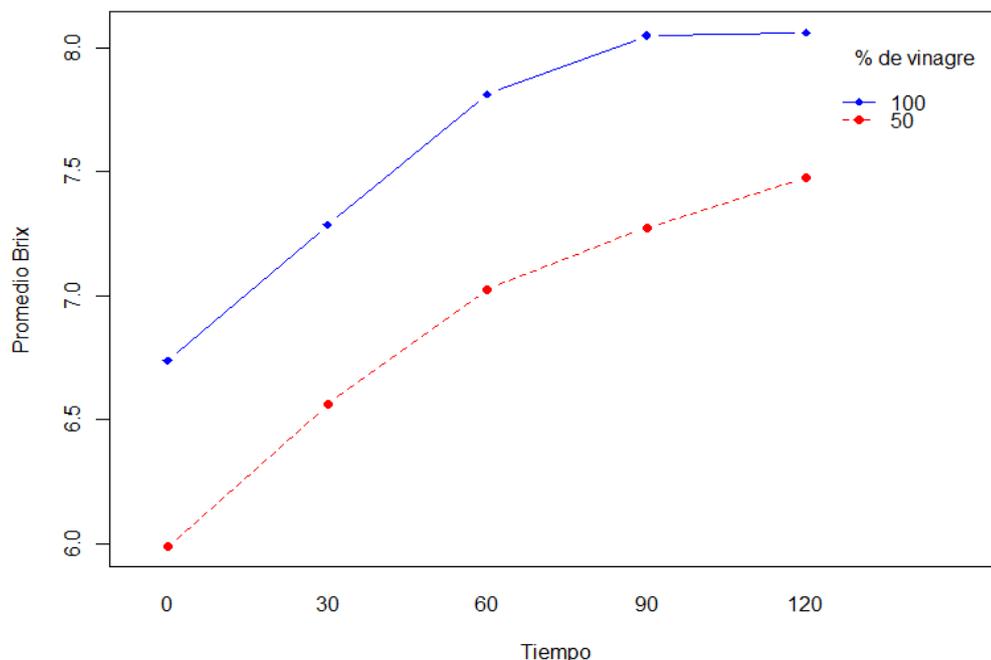


Figura 18. Interacción de tiempo vinagre en °Brix

La figura 18, muestra la interacción de los efectos del porcentaje de sal en el líquido de cobertura, y el transcurrir del tiempo sobre los sólidos solubles en el cual se pudo observar que concentración de sal del 5% (línea azul) muestra un crecimiento constante en los 120 días en cambio la concentración del 3% de sal (línea roja) el mismo que mostró en el período de 0 a 60 días un crecimiento constante, en el periodo de 60 a 90 días se mostró un estancamiento por ultimo en el período de 90 a 120 días se observó un ligero cambio en los sólidos solubles, es resumen, las concentraciones de sal 5% (línea azul) y de 3% (línea roja) mostraron una separación una de la otra, ésto quiere decir que los efectos de las concentraciones de sal sobre los sólidos solubles del líquido de cobertura mostraron diferencias significativas.

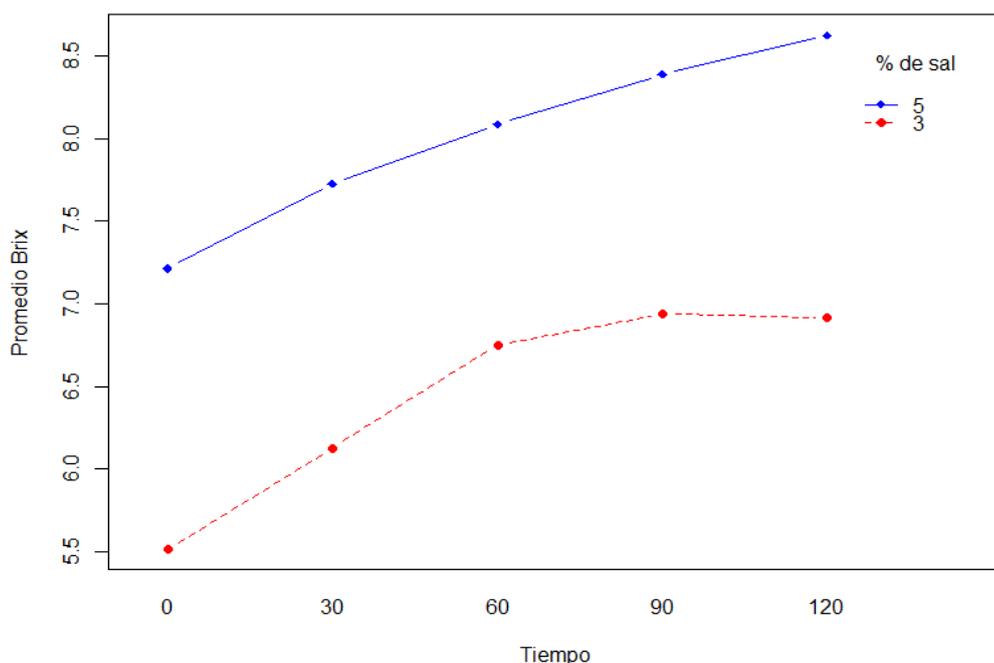


Figura 19. Interacción de tiempo y sal en °Brix

Allca (2017), en su estudio llevó a cabo un proceso de deshidratación osmótica en oca (*Oxalis tuberosa*), menciona que los valores iniciales de sólidos solubles en la oca son $6.5^{\circ}\text{Brix} \pm 0.5$ y después del proceso de DO tiene valores entre $18.686^{\circ}\text{Brix} \pm 0.508$ a $22,733^{\circ}\text{Brix} \pm 0.058$. Por otro lado, de acuerdo con el Programa Conjunto FAO / OMS de Normas Alimentarias (2002), menciona el contenido de sólidos solubles en encurtidos debe estar entre 1.5% y 14% para encurtidos agridulces y 14% para encurtidos dulces.

Como se mostró en la tabla 13, el contenido de sólidos solubles incrementaron al igual que lo reportado por Park, Kim, & Moon (2011) que observaron un incremento en los valores de los sólidos solubles que en el día 0 de almacenamiento poseen un valor de 21.26 ± 0.38 y en el día 42 de almacenamiento los sólidos solubles muestran un valor de 28.37 ± 0.31 en encurtidos de ají paprika (*Capsicum Annuum L.*). El mismo de aumento en los sólidos solubles se apreció en el trabajo de Masmoudi, Besbes, Blecker, & Attia (2007) que realizaron un proceso de DO en sub productos del limón y dátiles, los cuales tuvieron un valor inicial de 7°Brix y después de 150 horas estos suben su valor a 40°Brix independientemente a la composición de la solución isotónica.

Los resultados de sólidos solubles que se muestran en la tabla 13, dependieron claramente de la concentración de sal presentes en el líquido de cobertura, los cambios en los sólidos solubles se produjeron debido al proceso osmótico de acuerdo con lo mencionado por Lazarides (2001) indicó que el proceso de DO comprende la eliminación de agua, a través de un medio hipertónico, es decir, soluciones de sal o azúcar en concentraciones elevadas, durante el proceso de osmosis existen dos flujos principales a contracorriente y simultáneamente bajo el agua y la actividad del soluto osmótico, los gradientes a través de la interfaz producto-medio y el agua fluye desde el producto a la solución osmótica, mientras que el soluto osmótico se transfiere de la solución al producto esto se expuso mejor en el esquema de la figura 19.

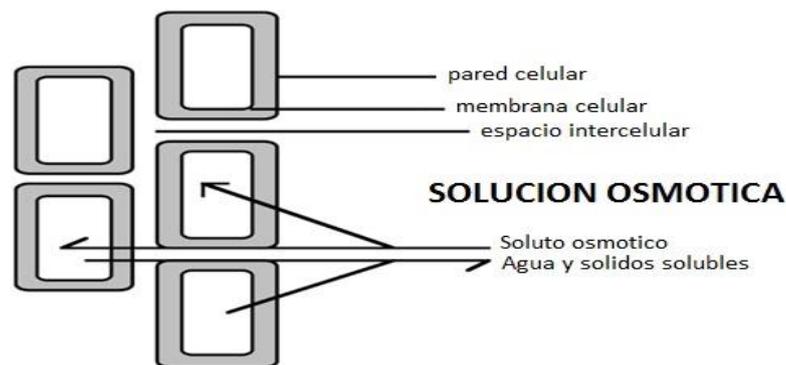


Figura 20. Intercambio de masa entre tejido del producto y solución osmótica durante el procesamiento osmótico (Lazarides, 2001).

4.4 Efectos del pulso de vacío, concentración del líquido de cobertura sobre los parámetros de transferencia de masa

4.4.1 Ganancia de solutos

La tabla 14 mostró, los resultados de ganancia de solutos del ají dulce rojo encurtido (SG) en el que inicialmente tuvo un valor de 0g para todos los tratamientos, con el pasar del tiempo éstos mostraron resultados entre 0.70 a 1.32g.

Tabla 14. *Resultados de la variación de la ganancia de solutos del ají encurtido*

Exp	30	60	90	120
1	0.52 ± 0.01	0.62 ± 0.01	0.64 ± 0.00	0.73 ± 0.01
2	1.02 ± 0.01	1.06 ± 0.01	1.10 ± 0.01	1.14 ± 0.01
3	0.94 ± 0.01	1.00 ± 0.00	1.02 ± 0.01	1.07 ± 0.01
4	0.55 ± 0.01	0.58 ± 0.01	0.66 ± 0.01	0.72 ± 0.00
5	0.25 ± 0.01	1.09 ± 0.00	1.25 ± 0.02	1.32 ± 0.01
6	0.18 ± 0.02	0.60 ± 0.01	0.68 ± 0.02	0.70 ± 0.01
7	0.44 ± 0.01	0.70 ± 0.02	0.69 ± 0.02	0.74 ± 0.01
8	0.35 ± 0.00	0.79 ± 0.01	0.95 ± 0.01	0.92 ± 0.01

El análisis estadístico (tabla 19), mostró los resultados del anova de medias repetidas de la ganancia de solutos del ají dulce rojo en encurtido, la misma que expuso los efectos significativos de los pulsos de vacío sobre la ganancia de solutos, como también, el transcurso del tiempo ejerció un efecto significativo sobre la ganancia de solutos en el ají dulce rojo en encurtido, como también los pulsos de vacío con las concentraciones de sal y la aplicación de pulsos de vacío en el tiempo, también influenció sobre la ganancia de solutos del ají dulce rojo, como también las concentraciones de vinagre y sal en el líquido de cobertura en el tiempo, también tuvieron efectos significativos sobre la ganancia de solutos del ají dulce rojo, en resumen los pulsos de vacío, las concentraciones de sal, el transcurrir del tiempo, la interacción del tiempo y % de vinagre influyeron significativamente en la ganancia de solutos del ají dulce rojo en encurtido.

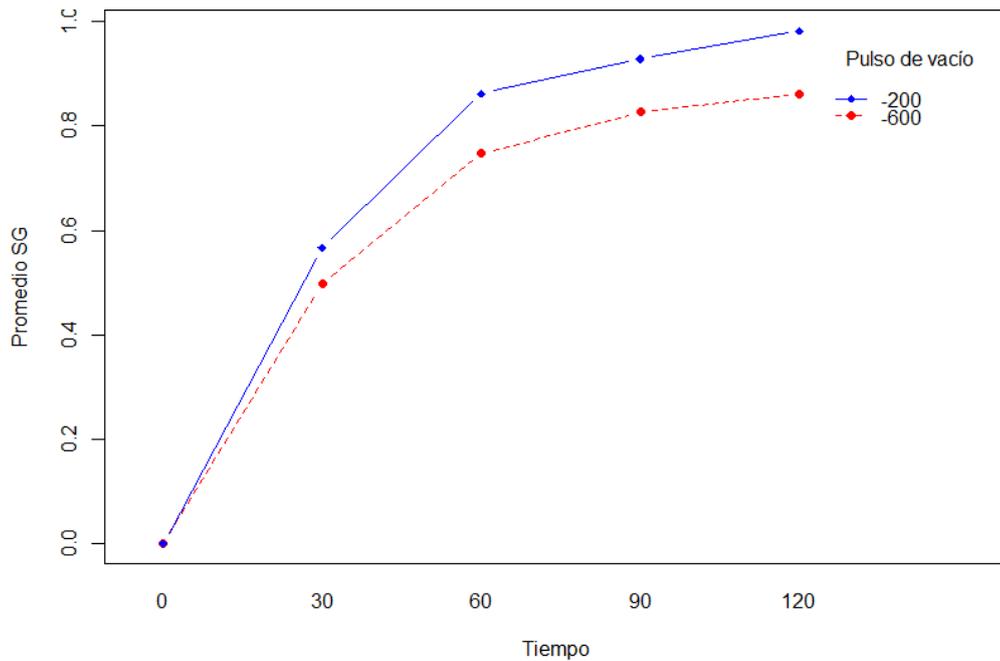


Figura 21. Interacción de tiempo y la presión de vacío en SG

La figura 21, muestra la interacción de la pulso de vacío en la ganancia de solutos (SG) y el transcurrir del tiempo, mostrando que los períodos de tiempo de 0 a 30 días el pulso de 200 mbar (línea azul) y el pulso de 600 mbar (línea roja) los cuales mostraron un incremento en el período de tiempo de 30 a 60 días ambos pulsos de vacío incrementaron y comenzaron a mostrar inicios de estancamiento en el incremento de en la SG, en el período siguiente de tiempo entre 60 a 120 días muestra leves crecimientos en los valores de SG , la separación en los cambios de los pulsos de vacío de 600 y 200 mbar representados por las líneas roja y azul respectivamente, representan la significancia que tienen los pulsos de vacío sobre la ganancia de solutos del ají dulce rojo en encurtido, en pocas palabras los pulsos de vacío ejercieron diferencias significativas sobre la ganancia de solutos con el pasar del tiempo. En otras palabras, el parámetro de 600 mbar llegó al equilibrio a los 90 días, el de -200 mbar aun a los 120 días no llego al equilibrio en la ganancia de sólidos. Pero los valores a los 120 días a 200mbar (están próximos a 1%) fueron mayores que los de 600 mbar (están próximos a 0.8 % SG).

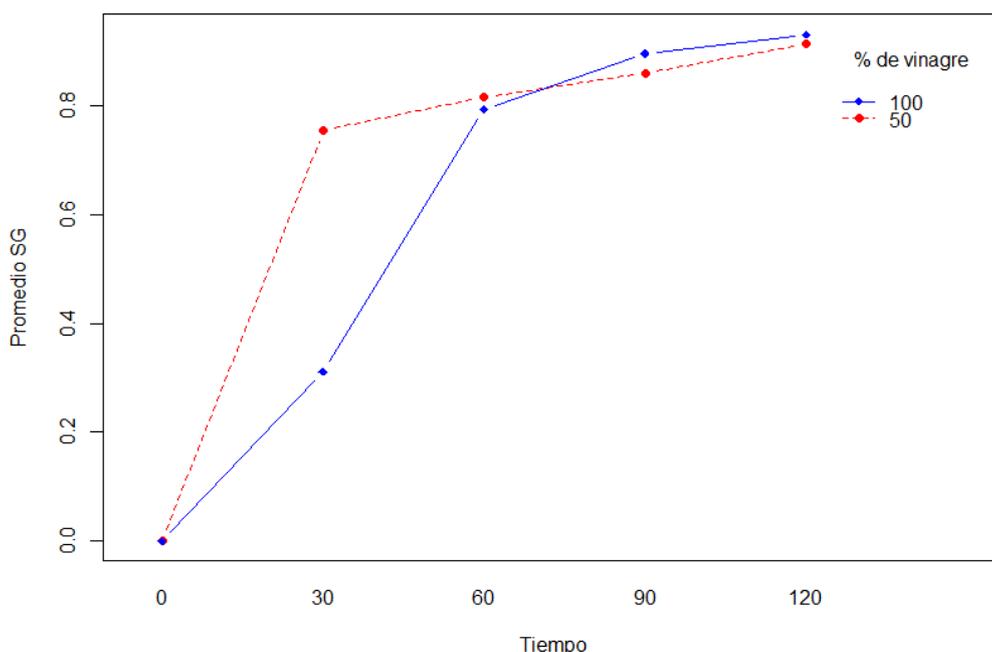


Figura 22. Interacción de tiempo y vinagre en SG

La figura 22, muestra la interacción de tiempo y vinagre sobre la ganancia de sólidos en el ají dulce en encurtido entre los períodos de tiempo de 0 a 30 días apreciamos que la concentración de 100% de vinagre (línea azul) y la de 50% de vinagre (línea roja) mostraron claras diferencias, el 50% de vinagre tiene un incremento más drástico de solutos que la concentración de 100% de vinagre, el cual muestra un incremento más leve de solutos, en cambio entre los períodos de 30 a 60 días la concentración de 100% vinagre experimenta un incremento drástico en su ganancia de solutos en cambio la concentración de 50% de vinagre experimenta un estancamiento en su ganancia de solutos, a partir de este período el 50% de vinagre experimenta un crecimiento constante en el período de 60 a 120 días. En cambio, la concentración del 100% en el período de 60 a 90 días muestra, un leve crecimiento de solutos y para el periodo de 90 a 120 días mostró un estancamiento en la ganancia de solutos, también podemos observar que en el período de 60 a 120 días se apega a la de 50% de vinagre indicó que ligeramente gana más solutos que el 50% de vinagre y que los efectos de ambas concentraciones de vinagre en la ganancia de solutos, es poco significativo, en pocas palabras, las concentraciones de vinagre con el pasar del tiempo mostraron perder significancia con

respecto a la ganancia de solutos. En resumen, podemos observar que en el día 60 los valores de ganancia de solidos son similares para los tratamientos de 100% y 50% de vinagre, también se presentan valores próximos a equilibrio a partir del día 60, valores próximos a 0.9 SG, el parámetro que sería el más adecuado para un mejor equilibrio de ganancia de solutos en el encurtido de ají dulce rojo, puede ser 50% de vinagre.

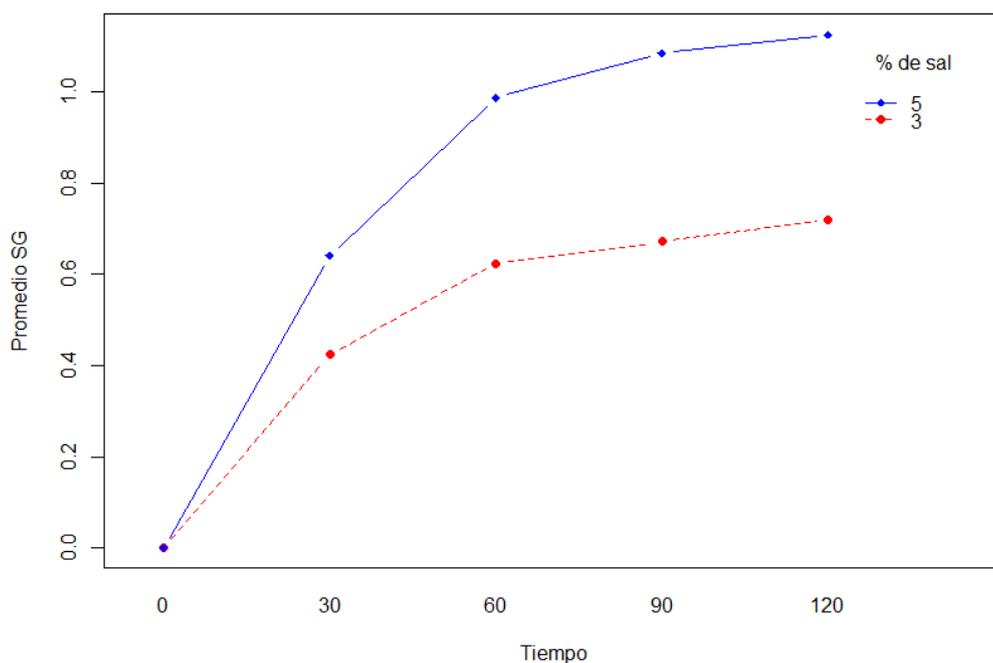


Figura 23. Interacción de tiempo y sal en SG

La figura 23 muestra la interacción de tiempo y sal en la ganancia de solutos (SG) en el período de tiempo de 0 a 30 días el cual muestra que la concentración de 5% de sal (línea azul) muestra un incremento drástico en la ganancia de solutos del ají dulce rojo, en encurtido también la concentración del 3% de sal (línea roja) mostró un incremento leve en la ganancia de solutos del ají dulce encurtido, en los períodos de tiempo de 30 a 60 días el 5% de sal y el 3% de sal muestran un ligero estancamiento en el incremento de solidos solubles en los períodos de 60 a 120 días el 5% de sal mostró un crecimiento lento y estancado en la ganancia de solutos, en cambio, la concentración del 3% de sal mostró un estancamiento a los 90 días y a los 120 días mostró un ligero incremento en la ganancia de solutos en el ají dulce rojo

encurtido. Es decir, que los tratamientos con 3% de sal logran el equilibrio a los 60 días, pero con valores menores (0.6 %). Los tratamientos con parámetros de 5% de sal logran el equilibrio a los 90 días, pero con ganancia de sólidos mayores de 1%, también se pudo observar que los valores iniciales de ganancia de solutos (SG) de los tratamientos varían de 0.18 a 1.02 y al término de los 120 días, están entre 0.19 a 1.03. También se pudo observar que hay una tendencia de equilibrio a los 60 días. También en la tabla 15 podemos observar que los tratamientos que tuvieron altos valores de ganancia de solutos, son los tratamientos 5, 2, 8, 7 y los que tienen menores SG es el 3.

Phisut (2012), indica que un parámetro a tener en cuenta, es la concentración del agente osmótico que influye de manera directa, sobre la cinética de transferencia de masa, durante un tratamiento osmótico con un tiempo extenso. También menciona que una solución hipertónica con altas concentraciones de solutos trae como consecuencia, una elevada pérdida de agua y ganancia de solutos en los resultados de transferencia de masa.

Gomes, Branquinho y Soares de Mendonça, (2016) en su estudio demostraron, que la aplicación de pulsos de vacío es muy recomendable para la incorporación de solutos en procesos osmóticos con soluciones ternarias, también Correa, et al. (2010) demostraron que en el proceso de DO cuando se le añaden pulsos de vacío la pérdida de agua y ganancia de solutos es mucho mayor a comparación de un proceso de deshidratación osmótica a presiones normales. También (Torres, 2007) señaló que otro factor a tomar en cuenta en la deshidratación osmótica, es la forma y tamaño del producto a ser sometido a deshidratación osmótica y es una variable a considerar y controlar ya que grandes superficies específicas, favorecen la pérdida de agua (WL) y ganancia de solutos (SG), cuanto mayor sea la superficie de contacto, mejor en el proceso de deshidratación osmótica más eficiente será el proceso. Gomes, et al. (2010) indicaron que el uso de soluciones osmóticas con concentraciones altas de solutos, causan una disminución en la ganancia de sólidos en las guayabas osmóticamente

deshidratadas en condiciones atmosféricas y con la aplicación de un pulso de vacío, y finalmente, Kowalska y Lenart, (2001) mencionan que la ganancia de sólidos, depende de las características del tejido de la planta, mientras está deshidratado y la velocidad de difusión aumenta, cuando la concentración del soluto aumenta en tiempos cortos.

Valdez Fragoso, et al.(2009) indicaron que debe de tenerse en cuenta, que las soluciones altamente hipertónicas, son más favorables para la absorción de solutos en vinagre en los tratamientos con PV porque obtienen resultados de $SG = 1.2\%$ con una concentración de $NaCl = 10\%$ y $SG = 3.1\%$ en $NaCl = 15\%$ a comparación de los tratamientos, que son sometidos a presión atmosférica el valor de SG es de 0.35 para cualquier concentración de $NaCl$. Otro estudio de Valdez Fragoso, et al. (2013) demostraron que encurtidos de ají “piquín” expuestos a pulsos de vacío, obtienen valores de $SG = 7.9\%$ con 3% de ácido acético y una concentración de $NaCl$ de 13%.

Dash, Balasubramaniam y Kamat (2019) evaluaron la SG en OD de jengibre en soluciones osmóticas de glucosa, fructosa y sacarosa, en condiciones atmosféricas o valores 0.72 kg de soluto / kg de materia seca, 0.64 kg de soluto / kg de materia seca y 0.58 kg de soluto / kg de materia seca respectivamente, sin embargo, cuando se aplican las rebanadas de jengibre al vacío de 0.1 - 600 MPa a una temperatura constante de $40^\circ C$ y 15 minutos de retención en soluciones de glucosa, fructosa y sacarosa, los resultados fueron 0.134-0.545, 0.112-0.507 y 0.096-0.482 kg de soluto por kg de materia seca, respectivamente. Otro estudio como el de Cardoza y Custodio, (2015) mencionan que en la DO de piña, la retención de solutos dependió de la concentración del soluto y el tipo de agente deshidratante que obtiene resultados en SG en un tiempo de 60 min, para cada tratamiento con azúcar (40%, 50% y 60%) y la SG fue 19.14%, 23.56% y 22.14% respectivamente. En cambio, Maldonado, et al. (2008) realizaron un estudio de deshidratación osmótica en yacón que la ganancia de sólidos,

ocurre rápidamente en los primeros 60 minutos a un porcentaje del 9.5% en promedio para cada tratamiento.

4.4.2 Pérdida de agua

La tabla 15, expuso los resultados de WL del ají dulce rojo encurtido, en la cual se aprecia que en el tiempo inicial muestra un valor de 0g para todos los tratamientos, posterior al proceso de encurtido, la aplicación de pulsos de vacío y almacenamiento mostraron valores entre 0.13g a 2.58g.

Tabla 15. Resultados de la variación de la pérdida de agua (g) del ají encurtido

Exp	30	60	90	120
1	0.61 ± 0.07	0.85 ± 0.04	0.87 ± 0.07	1.42 ± 0.02
2	1.03 ± 0.01	1.16 ± 0.01	1.19 ± 0.02	1.85 ± 0.05
3	0.95 ± 0.02	1.08 ± 0.02	1.11 ± 0.02	1.15 ± 0.03
4	0.60 ± 0.11	0.86 ± 0.04	0.95 ± 0.03	1.91 ± 0.04
5	0.34 ± 0.08	1.32 ± 0.02	1.48 ± 0.01	2.58 ± 0.00
6	0.19 ± 0.08	0.63 ± 0.03	0.71 ± 0.03	1.11 ± 0.07
7	0.48 ± 0.01	0.77 ± 0.04	0.76 ± 0.03	1.52 ± 0.01
8	0.50 ± 0.04	0.99 ± 0.06	1.15 ± 0.05	1.82 ± 0.05

Huayamave & Cornejo, (2005) informaron que la aplicación de presiones de vacío durante el proceso de DO, produjo que la velocidad de pérdida de agua sea mayor, debido a que la velocidad de difusión es alta, y toma menos tiempo en reducir la humedad del fruto, también recomienda la aplicación de pulsos de vacío por tiempos cortos, para poder observar mejor sus efectos. Las presiones de vacío incorporan los solutos de una manera forzada que permiten a los solutos emigrar más fácilmente a los poros intercelulares, llegando a niveles de pérdida de agua más altos (Arreola & Rosas, 2007).

El análisis estadístico (tabla 21), muestra claramente que los pulsos de vacío, ejercen un efecto significativo sobre la pérdida de agua del ají dulce rojo en encurtido, también el transcurso del tiempo ejerce efectos significativos sobre la pérdida de agua del ají dulce rojo, las concentraciones de vinagre como las concentraciones de sal en el transcurso del tiempo,

también influyen significativamente en la pérdida de agua del ají dulce rojo en encurtido, y finalmente, también se observa que la aplicación pulsos de vacío la concentración de vinagre y sal en el líquido de gobierno, con el pasar del tiempo traen efectos significativos en la pérdida de agua del ají dulce rojo. En pocas palabras, la aplicación de pulsos de vacío en el tiempo y las concentraciones de vinagre ejercen efectos significativos en la pérdida de agua (WL) del ají dulce rojo en encurtido.

La figura 23, muestra la interacción de tiempo y la presión de vacío en la pérdida de agua (WL) la presión de 200 mbar (línea azul) y 600 mbar (línea roja) en el período de 0 a 30 días expuso un incremento similar en los valores de pérdida de agua del ají dulce rojo, en el período de 30 a 90 días, el pulso de vacío de 200 mbar comienza a equilibrarse en la pérdida de agua, ésto también se observó en los 600 mbar en el mismo período de tiempo, en el tiempo mostrando un estancamiento ligeramente mayor en la pérdida de agua del ají dulce rojo en encurtido, en el periodo de 90 a 120 días el pulso de vacío de 200 mbar, mostró un crecimiento mayor en la pérdida de agua del ají dulce rojo en encurtido, en cambio, el pulso de 600 mbar a los 120 días expuso una tendencia similar, pero en menor cantidad los valores de pérdida de agua. En resumen, las evoluciones de ambos pulsos de vacío en el tiempo mostraron una separación, lo cual indica que los pulsos de vacío ejercen diferencias significativas sobre la pérdida de agua del ají dulce rojo en el tiempo, el pulso de 200 mbar influyó de manera más significativa, que la de 600 mbar en la pérdida de agua del ají dulce rojo encurtido.

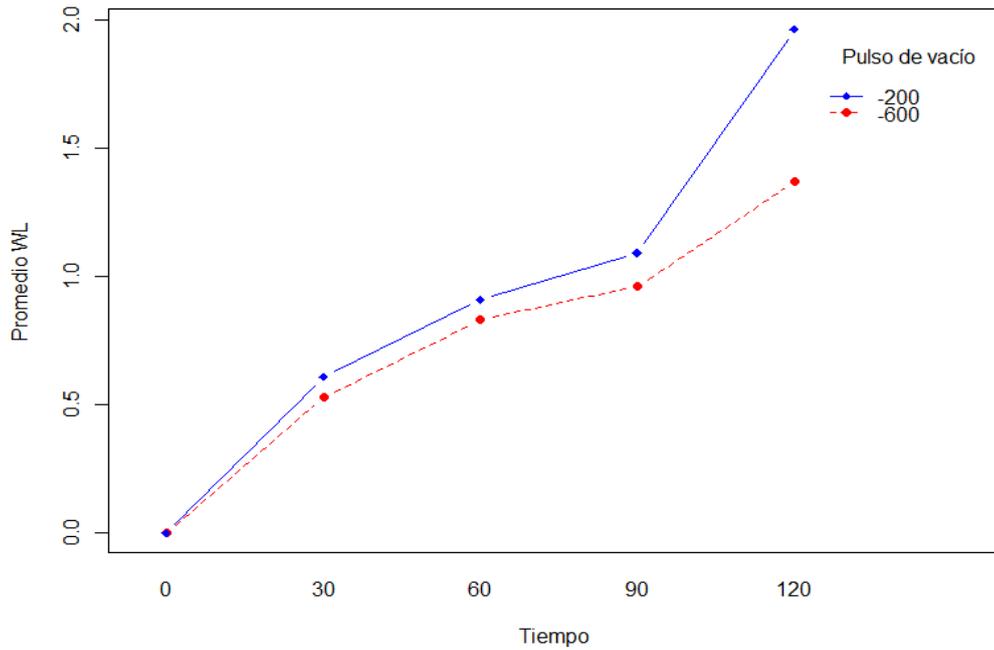


Figura 24. Interacción de tiempo y la presión de vacío en WL

En la figura 24, se muestra la interacción de tiempo y vinagre en la pérdida de agua del ají dulce rojo (WL) la concentración del 100 (línea azul) vinagre en los períodos de 0 a 30 días, se aprecia que sufre un ligero incremento en la pérdida de agua del ají dulce rojo en encurtido, en cambio la concentración del 50% de vinagre expuso un incremento considerable en la pérdida de agua del ají dulce rojo en encurtido, en el período de 30 a 60 días ambas concentraciones de vinagre del 50% presentó un estancamiento en la pérdida de agua y la concentración del 100% de vinagre incrementa, su valor de pérdida de agua, los valores de pérdida de agua en el período de 60 a 90 días se observa que ambas concentraciones de vinagre de 50% y 100% están juntas, presentando el mismo patrón de incremento en la pérdida de agua del ají dulce rojo, en los tiempos de 90 a 120 días la concentración de vinagre del 100% el valor de la pérdida de agua del ají dulce rojo en encurtido, incrementó drásticamente también la concentración del 50% incrementó levemente su valor de pérdida de agua. En otras palabras, en los períodos de 0 a 60 días, las concentraciones de vinagre presentan diferencias significativas sobre la pérdida de agua, entre los períodos de 60 a 90

días, debido a la proximidad que presentan ambas concentraciones no muestra diferencias significativas de las concentraciones de vinagre sobre las pérdidas de agua del ají dulce rojo en encurtido, finalmente, en el período de 90 a 120 días las concentraciones de vinagre muestran nuevamente diferencias significativas sobre la pérdida de agua. En resumen, los efectos causados por las concentraciones de vinagre presentan en el líquido de cobertura, muestran diferencias significativas y también se observó que la concentración de vinagre del 100% influye más que el 50% para la pérdida de agua.

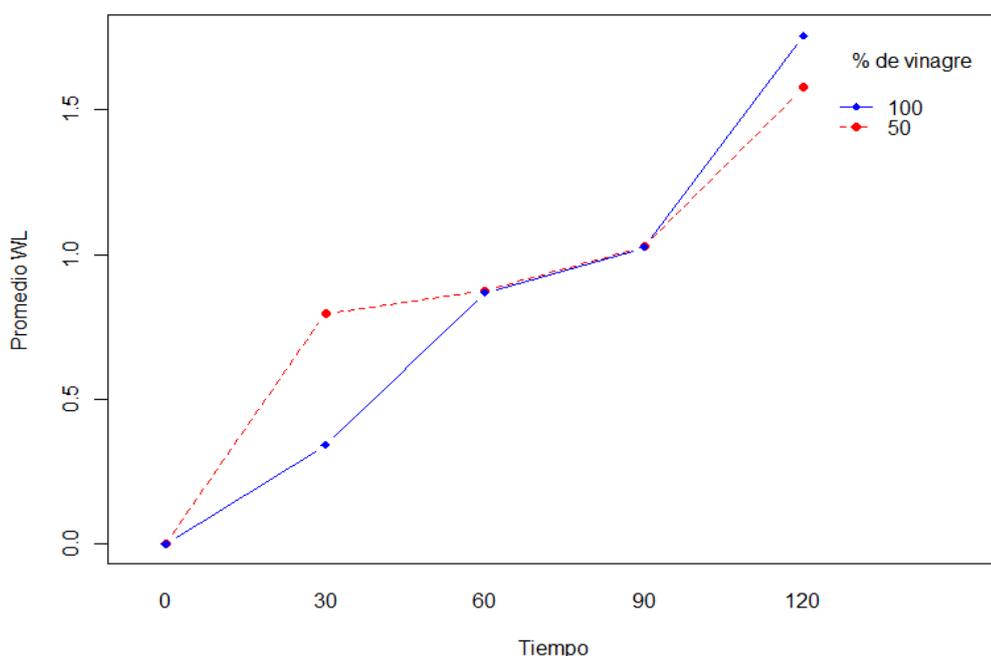


Figura 25. Interacción de tiempo y vinagre en WL

La figura 25, muestra la interacción del % de sal con relación a la pérdida de agua del ají dulce rojo y tiempo, la misma que se expuso que en el período de 0 a 30 días la concentración de 5% de sal (línea azul) mostró un incremento más elevado que la del 3% de sal (línea roja), en los períodos de 30 a 60 días, muestra un inicio de estancamiento en la pérdida de agua en las concentraciones de 3% y 5% de sal de manera similar, en el siguiente período de 60 a 90 días, ambas concentraciones mostraron un estancamiento más elevado en la pérdida de agua del ají dulce rojo encurtido en ambas concentraciones de sal, finalmente,

en el período de 90 a 120 días la pérdida de agua, para ambas concentraciones se eleva drásticamente. En resumen, las concentraciones de sal en el líquido de cobertura influyeron de manera significativa en la pérdida de agua del ají dulce rojo en encurtido esto se mostró en la separación de las concentraciones del 3% y 5% de sal. Es decir, que en la elaboración de encurtidos la concentración de sal del 5% influyó más pérdida de agua que el 3%.

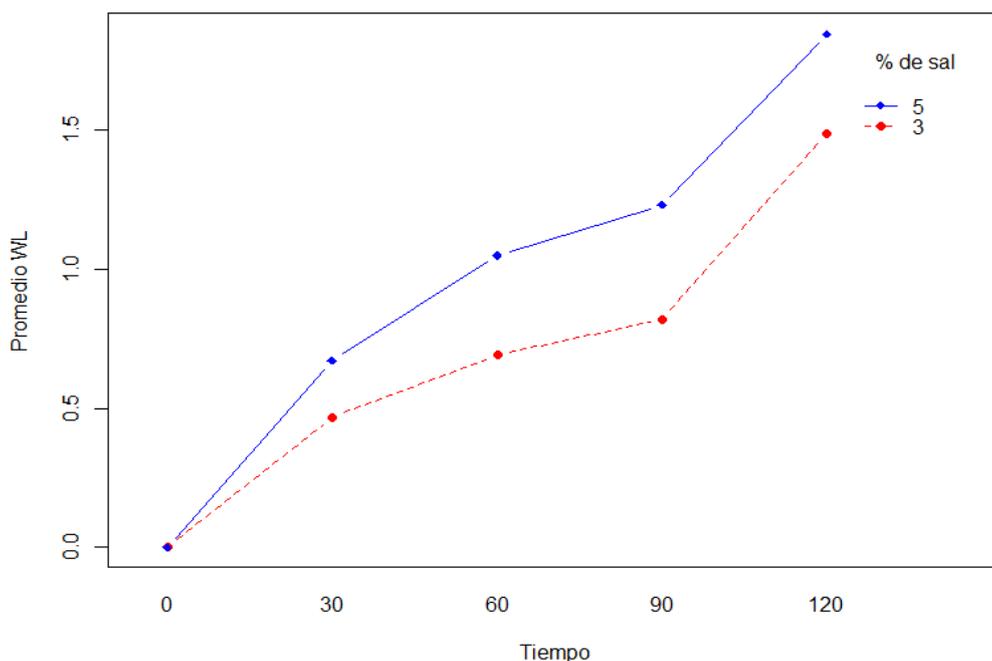


Figura 26. Interacción de tiempo y sal en WL

Sharma, Mulvaney & Rizvi, (2003) comunicaron que el cloruro de sodio comúnmente denominado sal, es un excelente agente osmótico debido a causa de su alta capacidad de reducir la A_w , lo que resulta una fuerza impulsora más alta durante el proceso de eliminación de agua. La fuerza impulsora de la sal es mucho más alta que la de la sacarosa en la misma concentración. Un proceso similar al encurtido es la DO cuya característica principal es la pérdida de agua, otro parámetro a considerar es la ganancia de sólidos es otro parámetro a considerar, ya que la eficiencia del proceso depende de estos dos parámetros informó García, et al. (2013). Por otro lado, Giraldo et al. (2003); Moy, et al. (1978) dieron a conocer que, en procesos de DO la ganancia de solutos es un parámetro muy importante en algunos casos, es

un fenómeno no deseado ya que está asociado con cambios en las propiedades organolépticas, debido a que esto afecta negativamente la pérdida de agua ya que se forma una cubierta en la superficie del producto.

La deshidratación osmótica también implica procesos, en los que la pérdida de agua (WL) y la ganancia de solutos (SG) tienen lugar simultáneamente en este proceso, la transferencia de masa dependerá de factores como la presión (Reyes, et al. 2008), la temperatura y la concentración de la solución hipertónica (Corzo & Bracho, 2003), también la relación jarabe / fruta, el grado de agitación del medio, entre otros (Reyes, et al. 2008; Fernández, et al., 2005).

Chaparro, et al. (2010) estudiaron la DO del melón en diferentes tiempos de aplicación de pulsos de vacío como: 266, 399 y 533 mbar, donde obtuvieron resultados cuando se usan 399 mbar durante 30 minutos, se observa un efecto de impregnación, donde la ganancia de sólidos es mayor, que la pérdida de agua, por otro lado, indica que las altas presiones de vacío en combinación con altas concentraciones de solutos en la solución osmótica reducen el WL, debido a posibles bloqueos o taponamientos en las cavidades celulares del melón.

Huayamave & Cornejo, (2005) mencionaron que los valores de SG son menores a los WL, esa diferencia principalmente se debe, a que las moléculas del soluto presentan un tamaño mucho mayor a las moléculas de agua; que no permiten difundirse tan fácilmente a través de la membrana celular del mango, encontrando así que WL, sea el primero en alcanzar el equilibrio osmótico. La aplicación de presiones de vacío proporciona una ventaja de aumentar la velocidad de difusión de agua, la cual, toma menos tiempo en reducir el contenido de humedad del producto alimentario. La aplicación de pulsos de vacío supone un aumento de la superficie de contacto entre el sólido y el líquido, esto contribuye al incremento de la pérdida de agua y ganancia de sólidos externos. (Fito et al., 1997; Chafer et al., 2003; Giraldo et al., 2003).

Maldonado , Santapaola, Singh , Torrez , & Garay , (2008) mencionan que la mayor pérdida de agua, ocurre en los primeros 60 minutos en el proceso de DO a partir de los cuáles en un tiempo más elevado no produce cambios apreciables en el contenido de agua de las muestras, lográndose a partir de los 90 minutos una estabilización del sistema pero mencionan, que el efecto de la aplicación de altas presiones en el proceso de DO en rodajas fructuosa y sacarosa en un tiempo 15 min obtienen resultados de 1.04–3.23, 1.15–3.38 y 1.31–3.57 kg de agua por kg de materia seca respectivamente.

Espinoza, Landaeta, Méndez, & Núñez, (2006) estudiaron la DO en duraznos sometidos a soluciones de CaCl_2 y mencionan que en las primeras 8 horas de deshidratación la mayor pérdida de humedad es de aproximadamente del 29%, en comparación con las mitades sumergidas en las soluciones con niveles del 1 y 3% de CaCl_2 , con pérdidas de humedad del 24%, las piezas siguieron perdiendo humedad por un tiempo de 48 horas el resto del proceso, hasta llegar al equilibrio osmótico, con una pérdida del 30% aproximadamente para los tres tratamientos.

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Se determinó que el ají de la accesión dulce rojo (*Capsicum Chinense*), posee las siguientes características proximales: humedad 82.53%, proteína 2.78%, extracto etéreo 3.00%, cenizas 1.42%, fibra cruda 5.36% y carbohidratos 25.67g/100g y estuvieron dentro de los parámetros propios del género (*Capsicum ssp*).

Los pigmentos disminuyeron en el tiempo, ésto se aprecia en el índice de color que disminuyó por efecto de la aplicación de los pulsos vacío (600 mbar), concentración de vinagre (100%) y sal (5%). El contenido de los carotenoides totalmente disminuye por efecto del pulso de vacío (200 mbar), y las concentraciones de vinagre (100%). El índice de color se redujo hasta llegar a 30.00 y los carotenoides totales se redujeron hasta llegar a 23.38 mg de β -caroteno/100g.

Los parámetros fisicoquímicos se incrementan con el tiempo, la aplicación de pulsos de vacío afecta solamente a °Brix (200 mbar), las concentraciones de vinagre y sal influyen directamente sobre el pH (100% y 5%), la acidez (100% y 3%) y °Brix (100% y 5%). Los valores de pH del líquido de gobierno llegaron hasta 3.49, la acidez del fruto llegó a valores entre 8.26% de ácido acético a 14.01% de ácido acético finalmente, los °Brix llegan a valores de 6.30.

Los parámetros de transferencia de masa (ganancia de solutos y pérdida de agua) son influenciados con el tiempo, la aplicación de pulsos de vacío (200 mbar), vinagre (100%) y sal (5%) incrementan la ganancia de solutos y la pérdida de agua, llegando a ganar de 0g a 1.32g de solutos y perdiendo de 0g a 2.58g de agua en el encurtido de ají accesión rojo dulce.

5.2 Recomendaciones

- Elaborar encurtidos con líquidos de gobierno compuesto por otros ácidos orgánicos, como el ácido láctico, ácido cítrico y otras sales como el CaCl, KCl.
- Evaluar los cambios en el tiempo de otros compuestos bioactivos como capacidad antioxidante, compuestos fenólicos, flavonoides y capsaicinoides.
- Realizar un estudio comparativo, con la aplicación de pulsos de vacío y sin la aplicación de pulsos de vacío.
- Se recomienda realizar las evaluaciones de estudio cada 15 días para poder tener más información de los efectos del proceso de encurtido.
- Se recomienda desarrollar una técnica de impregnación al vacío a nivel piloto.

Capítulo VII. Referencias

- Acosta , O. G., Vermeyleen, F. M., Noel , C., & Padilla Zakour, O. I. (2015). Modeling the effects of process conditions on the accumulated lethality values of thermally processed pickled carrots. *Food Control*, 51, 390-396. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.12.005>
- Allca Cusi, M. (2017). Influencia de la concentración de sacarosa y temperatura en la deshidratación osmótica de la oca (*oxalis tuberosa*). Andahuaylas-Apurimac-Peru: Tesis de pre grado Universidad nacional José María Arguedas.
- Ángel , L. A., & Fajardo , L. (2005). Efecto protector del consumo del ají en la frecuencia de trastornos funcionales del tubo digestivo. *Asociaciones Colombianas de Gastroenterología, Endoscopia digestiva, Coloproctología y Hepatología*, 5-24.
- Arellano, C. (2011). Extracción de luteína a partir de flores de tagete (*Tagete erecta*) y estabilización por microencapsulación. Santiago de Chile: Universidad de Chile: tesis para optar el grado de Ingeniero en alimentos.
- Arreola , S. I., & Rosas, M. E. (2007). Aplicación de Vacío en la Deshidratación Osmótica de Higos (*ficus carica*). *Información Tecnológica*, 18(2), 43-48.
- Arroyo Becerra, M. A. (2017). Efecto del tratamiento térmico en las propiedades reológicas de salsas de ajíes nativos del Perú (*Capsicum spp.*). Lima-Peru, Peru: Univercidad Nacional Agraria La molina.
- Ayala Aponte, A. A., Giraldo Cuartas , C. J., & Serna Cock, L. (2010). Cineticas de deshidratacion osmotica de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). *Interciencia*, 35(7), 539-544.
- Binsted, R., Devey , J. D., & Dakin, J. C. (1962). *Pickle & Sauce Making*. London: Food trade press LTD.
- Britton , G. (1991). *Carotenoids: Methods in plant Biochemistry*. (Vol. 46). London: Academic Press.
- Campbell-Platt, G., & Anderson , K. G. (1988). *Pickles,saucos and salad products*, food Industries manual. Ranken, MD: Van Nostrand-Reinhold.
- Cardoza Piscocoya, J. C., & Custodio Nolasco , D. M. (2015). Modelamiento matematico para predecir el comportamiento de la deshidratacion osmotica de la piña MD2 (*Ananas comosus* variedad Comosus). (tesis de pregrado) Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque-Peru .
- Carnevale , J., Cole , E. R., & Crank , G. (1979). Fluorescent light catalyzed autooxidation of b-carotene. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 27: 462-463.
- Chafer, M., González-Martínez , C., Fernández, B., Pérez, L., & Chiralt, A. (2003). Effect of blanching and vacuum pulse application on osmotic dehydration of pear. *Food Sci. Technol. Int*, 9: 321-328.
- Chaparro, L., Soto, N., Garcia, T., Gutierrez, J., & Palmero, J. (2010). Efecto de la presión de vacío, sólidos solubles totales y tiempo de procesamiento sobre la deshidratación osmótica de rebanadas de melón. *Bioagro*, 22(3), 223-228. Retrieved 10 15, 2019, from http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612010000300008&script=sci_arttext
- Chapoñan Reyes, A. M., & Medina Vasquez , J. I. (2014). Determinación del tiempo de vida útil de una salsa picante a partir de rocoto (*Capsicum Pubescens*) y tomate de árbol (*Solanum*

- Baetaceum). Nuevo Chimbote- Peru : Tesis Ing de Industrias alimentarias, Universidad Nacional del Santa .
- Chen, C. (2015). Overview of Plant Pigments. En C. Chen, *Pigments in Fruits and Vegetables: Genomics and Dietetics* (págs. 1-7). New York: Springer. doi:10.1007/978-1-4939-2356-4
- Chenlo, F., Moreira, R., Fernandez Herrero, C., & Vazquez, G. (2006). Mass transfer during osmotic dehydration of chestnut using sodium chloride solutions. *Journal of Food Engineering*, 73 , 164-173. doi:10.1016/j.jfoodeng.2005.01.017
- CODEX ALIMENTARIUS. (2015). Norma para algunas hortalizas en conserva. Obtenido de www.codexalimentarius.org
- Collazos Ch. , C., Robles G., N., Roca N., A., Alvistur J. , E., Arias V. , M., Faching R. , A., Días T, C. (1996). *Tablas peruanas de composicion de alimentos*. Lima-Peru: Ministerio de Salud.
- Corzo, O., & Bracho , N. (2003). Effects of brine concentration and temperature on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of sardine sheets. *LebensmWiss Technology*, 37(4), 475-479.
- Cross , N. (2007). Pickles manufacturing in the United States: Quality assurance and establishment inspection. In Y. H. Hui, R. C. Chandan, S. Clark, N. Cross, J. Dobbs, W. J. Hurst, & L. Nollet, *Handbook of Food Products Manufacturing* (pp. 1045–1062). Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Daeschel, M. A., Fleming, H. P., & Pharr, D. M. (1990). Acidification of brined cherry peppers. *Journal of food Science*, 55(1), 186-192. doi:10.1111/j.1365-2621.1990.tb06049.x
- Dash, K. K., Balasubramaniam, V. M., & Kamat, S. (2019). High pressure assisted osmotic dehydrated ginger slices. *Journal of Food Engineering*, 19-29.
- Davison, J. (2018). *Pickles: A global history*. London-UK : reaktion books.
- Delgado, K. R. (2018). Optimización de los métodos de obtención de la capsaicina del ají limo (*Capsicum sinense* Jacq) para la determinación de la dosis letal (dl50) del pulgón verde (*aphididae*). (tesis de pregrado) Universidad Nacional de San Agustín: Arequipa-Peru.
- Dennis, C., & Arthey, D. (1992). *Vegetable processing*. Gloucester, UK: Wiley.
- Derossi, A., De Pilli, T., & Severini, C. (2010). Reduction in the pH of vegetables by vacuum impregnation: A study on pepper. *Journal of Food Engineering*, 9–15. doi:10.1016/j.jfoodeng.2010.01.019
- Dupas de Matos, A., Marangon, M., Magli, M., Cianciabella, M., Predieri, S., Curioni, A., & Vincenzi, S. (2019). Sensory characterization of cucumbers pickled with verjuice as novel acidifying agent. *Food Chemistry*, 286, 78-86. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.216>
- Emmanuel-Ikpeme, C., Henry, P., & Augustine Okiri, O. (2014). Comparative evaluation of the nutritional, phytochemical and microbiological quality of three pepper varieties. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2(3), 74-80. doi:doi: 10.11648/j.jfns.20140203.15
- Espinoza Estaba, A., Landaeta Coa, G., Méndez Natera, J. R., & Núñez Calcaño, A. (2006). Efecto del cloruro de calcio sobre la deshidratación osmótica a vacío en mitades de duraznos (*Prunus persica*) en soluciones de sacarosa. *Revista UDO Agrícola*, 6(1), 121-127.

- Espinoza Orihuela, J. E. (2017). Efecto del tratamiento térmico sobre el color y el contenido de carotenoides totales en salsas de ajíes (*Capsicum spp*) nativos. Lima – Perú: (Tesis de pregrado) UNALM.
- Farooqi , A. A., Sreeramu , B. S., & Srinivasappa , K. N. (2005). Chilli. In *Cultivation of Spice Crops*. Hyderabad, India: Universities Press.
- Fellows, P. (2000). *Food processing technology: Principles and Practice*. New York: C.R.C Press.
- Fennema, O. R. (1996). *Food Chemistry (Third ed.)*. 1996: Marcel Dekker. Inc.
- Fernández, E., Monserrat , S., & Sluka, E. (2005). Tecnologías de conservación por métodos combinados en pimiento, chaucha y berenjena. *Revista Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Cuyo*, 37(2), 73-81.
- Fito , P., Chiralt, A., Barat , J. M., Andres, A., Martinez-Monzo, J., & Martinez-Navarrete, N. (2001). Vacuum impregnation for development of new dehydrated products. *Journal of Food Engineering*, 49, 297-302.
- Fleming, H. P., Thompson, R. L., & Mc Feeters , R. F. (1993). Firmness Retention in Pickled Peppers as Affected by Calcium Chloride, Acetic Acid, and Pasteurization. *Journal of food science*, 58(2), 325-330.
- Flora , L. F., & Heaton , E. K. (1979). Processing factors affecting acidification of canned pimiento peppers. *Journal of food science* , 1498-1500.
- Francis, F. (1962). Relationship between flesh color and pigment in squash. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science*, 81, 408-414.
- Galicia Cabrera, R. M. (2003). Jalapeño Pepper Preservation by Fermentation or Pickling. In O. R. Fennema , Y. H. Hui, M. Karel , P. Walstra , & J. R. Whitaker, *Handbook of Vegetable Preservation and Processing (Food Science and Technology)* (pp. 192-201). New York : Marcel Dekker, INC.
- Garcia Pereira , A., Muñoz , B. S., Hernandez Gomez, A., Gonzalez, L. M., & Fernandez Valdes, D. (2013). Análisis comparativo de la cinética de deshidratación Osmótica y por Flujo de Aire Caliente de la Piña (*Ananas Comosus*, variedad Cayena lisa). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(1), 62-69.
- Giraldo, G., Talens , P., Fito , P., & Chiralt, A. (2003). Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. *Journal of Food Engineering*, 58(1): 33-43.
- Gomes Correa, J. L., Branquinho Ernesto, D., & Soares de Mendonça, K. (2016). Pulsed vacuum osmotic dehydration of tomatoes: Sodium incorporation reduction and kinetics modeling. *Food Science and Technology*, 17-24.
- Gomes Correa, J. L., Pereira, L. M., Vieira, G. S., & Hubinger, M. D. (2010). Mass transfer kinetics of pulsed vacuum osmotic dehydration of guavas. *Journal of Food Engineering*, 498–504.
- Gross, J. (1991). *Pigments in Vegetables. Chlorophylls and Carotenoids*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Guerra Vargas, M., Jaramillo Flores, M. E., Donares Alvarez , L., & Hernandez Sanchez, H. (2001). Carotenoid Retention In Canned Pickled Jalapeño Peppers and Carrots As Affected by Sodium Chloride, Acetic Acid, and Pasteurization. *Sensory and Nutritive Qualities of Food*, 66(4), 621-626. doi:10.1111/j.1365-2621.2001.tb04611.x

- Gustavo Provesi, J., Odebrecht Dias, C., & Regina Amante, E. (2011). Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree. *Food Chemistry*, 195-202.
- Gutierrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2012). *Analisis y diseño de experimentos*. Mexico D.F : Mc Graw-Hill.
- Heaton, J. W., & Marangoni, A. G. (1996). Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. *Trends Food Sci Techn*, 7, 8–15.
- Hendren, R. K., & Gail, D. (1997). *Canning Foods: fruits, vegetables, pickles and Jellies*. Knoxville, Tenn: University of Tennessee Institute of Agriculture.
- Hirschberg, J. (2001). Carotenoid biosynthesis in flowering plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 4(3), 210-218. doi:[https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(00\)00163-1](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(00)00163-1)
- Huayamave, E. C., & Cornejo, F. (2005). Influencia de presiones de vacío en la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica del Mango. *Revista Tecnológica ESPOL*, 18(1), 141-145.
- INIA. (2018). *Procedimientos para el analisis quimico del ají en el INIA*. Lima-Peru: 5-28.
- Iordache, F., Gheorghe, I., Lazar, V., Curutiu, C., Ditu, L. M., Mihai, A., & Holban, A. M. (2016). Nanostructured materials for prolonged and safe food preservation. In A. M. Grumezescu (Ed.), *food preservation* (Vol. 6, pp. 305-336). Kidlington, Oxford, United Kingdom: Academic Press and Elsevier.
- Khin, M. M., Zhou, W., & Yeo, S. (2007). Mass transfer in the osmotic dehydration of coated apple cubes by using maltodextrin as the coating material and their textural properties. *Journal of Food Engineering*, 81(3), 514-522. doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.12.005
- Kidmose, U., Edelenbos, M., Nørbæk, R., & Chri, L. P. (2000). Colour stability in vegetables. In D. B. MacDougall, *Colour in food improving quality* (pp. 179-218). Boca Raton-USA: CRC Press LLC.
- Kumar Basu, S., & Krishna De, A. (2003). Capsicum: historical and botanical perspectives. En A. Krishna De, *Capsicum: The genus Capsicum* (págs. 7-9). London: Taylor & Francis.
- Kuna, A., Ranjan Sahoo, M., Sowmya, M., Devi Mayengbam, P., Dasgupta, M., Sreedhar, M., & Tholemfhuang, S. (2018). Nutrient and Antioxidant Properties of Value Added King Chilli (*Capsicum chinense*) Products. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(06), 1-8. doi:<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.706.001>
- Lazarides, H. N. (2001). Reasons and Possibilities to Control Solids Uptake during Osmotic Treatment of Fruits and Vegetables. En P. Fito, A. Chiralt, J. M. Barat, W. E. Spiess, & B. Diana, *Osmotic dehydration & vacuum impregnation* (págs. 51-57). Lancaster, Pennsylvania: Technomic Publishing Company, Inc.
- Leveau, J. (2014). *Microbiología Industrial*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Levine, A. S., & Fellers, C. R. (1940). Inhibiting effect of acetic acid upon microorganisms in the presence of sodium chloride and sucrose. *Journal of Bacteriology*(40), 255-269.
- Lucke, F. K. (2000). The control of pH. En P. Zeuthen, & L. Bøgh-Sørensen, *Food preservation techniques*. Boca Raton: CRC Press.
- M. Jay, J. (2000). *Modern Food Microbiology* (Sixth ed.). Gaithersburg, Maryland: an aspen publication.

- Maldonado , S., Santapaola, J. E., Singh , J., Torrez , M., & Garay , A. (2008). Cinética de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(1): 251-256.
- Martinez, S., Curros, A., Bermudez, J., Carballo, J., & Franco , I. (2007). The composition of Arnoia peppers (*Capsicum annum* L.) at different stages of maturity. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 58(2): 150-161.
- Martinez-Valencia , B. B., Abud-Archila, M., Ruiz-Cabrera, M. A., Grajales-Lagunes, A., Dendooven, L., Ovando-Chacon, S. L., & Gutierrez-Miceli, F. A. (2011). Pulsed vacuum osmotic dehydration kinetics of melon(*Cucumis melo* L.) var. cantaloupe. *African ournal of Agricultural Research*, 6, 3588-3596.
- Masmoudi, M., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2007). Preparation and Characterization of Osmodehydrated Fruits from Lemon and Date By-products. *Food Science and Technology International*, 405-412. doi:10.1177/1082013208089562
- Meléndez Martínez, A. J., Vicario, I. M., & Heredia, F. J. (2004). Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(2), 209-215. Recuperado el 28 de 09 de 2019, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200011&lng=es&nrm=iso
- Méndez Trujillo, V., González Mendoza , D., & Gutiérrez Miceli, F. A. (2005). Contenido de carotenoides y color extractable de nuevos cultivares en Chile pimiento. *Revista chapingo serie horticultura*, vol. 11, núm. 2, pp. 215-218.
- Mendoza , R. (2006). Sistemática e historia del aji *Capsicum Tourn.* *Universitaria*, 11(2), 80-88.
- Meneses Gutiérrez, C. L., Tellez Medina, D. I., & Jaramillo-Flores, M. E. (2016). Peppers and Spice *Capsicum*. En Y. H. Hui, & E. Ö. Evranuz, *Handbook of vegetable preservation and processing* (págs. 559-588). Boca Raton: CRC Press and Taylor & Francis Group.
- Mettler, A. (2012). Guía definitiva sobre la acidez, Métodos analíticos probados y sus resultados. Laboratory Division Im Langacher CH-8606. Greifensee, Switzerland: New York .
- Mínguez Mosquera , M. (1997). *Clorofilas y Carotenoides en Tecnología de Alimentos*. España: Universidad de Sevilla.
- Mínguez, M. I., Jaren, M., & Garrido, J. G. (1994). Carotenoid metabolism during the slow drying of pepper fruits of the agridulce variety. *J. Agric. Food Chem.*, 42, 2260–2264.
- Morales, M. L., Gonzalez, A. G., & Troncoso, A. M. (1998). Ion-exclusion chromatographic determination of organic acids in vinegars. *Journal of Chromatography* , 822(1), 45-51. doi:10.1016/s0021-9673(98)00572-x
- Moy, J. H., N.B, L., & A.M, D. (1978). Effect of sucrose and acids on osmotic-dehydration of tropical fruits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2(2): 135-135.
- Mújica Paz , H., Argüelles Piña, L. D., Pérez Velázquez, L. C., Valdez Fragoso, A., & Welti Chanes, J. (2006). Vacuum pulse and brine composition effect on pickling kinetics of whole jalapeño pepper. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 7, 195–202.
- Mújica Paz , H., Argüelles Piña , L. D., Pérez Velázquez , L. D., Valdez Fragoso, A., & Welti Chanes , J. (2006). Vacuum pulse and brine composition effect on pickling kinetics of whole jalapeño pepper. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 195–202. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2006.02.001>

- Neitzke, R., Vasconcelos, c., Barbieri, R., Vizzotto, M., Fetter, M., & Corbelini, D. (2015). Variabilidad genética para compuestos antioxidantes en variedades crioulas de pimentas (*Capsicum baccatum*). *Horticultura Brasileira*, 33: 415-421.
- Ogunlade, Alebisou, A. A., & Osasona, A. I. (2012). Proximate, mineral composition, antioxidant activity, and total phenolic content of some pepper varieties (*Capsicum* species). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(5), 2221-2227. doi:http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i5.28
- Park, J., Kim, S., & Moon, B. (2011). Changes in Carotenoids, Ascorbic Acids, and Quality Characteristics by the Pickling of Paprika (*Capsicum Annuum* L.) Cultivated in Korea. *Journal of Food Science*, 76(7), 1075-1080. doi:10.1111/j.1750-3841.2011.02297
- Peter, K. V. (2001). *Handbook of herbs and spices*. Cornwall, England: CRC Press.
- Phisut, N. (2012). Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *Journal of International Food research*, 7-18.
- Po, L. G., Siddiq, M., & Shahzad, T. (2018). Chili, Peppers, and Paprika. En M. Siddiq, & M. A. Uebersax, *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing* (págs. 633-660). Michigan, USA: Wiley & Sons Ltd.
- Ponting, D., Walters, G. G., Forrey, R. R., Jackson, R., & Stanley, W. I. (1966). Osmotic dehydration of fruits. *Food Technol*, 20, 125-128.
- Powers, J. J., Pratt, D. E., Downing, D. L., & Powers, L. T. (1961). Effect of acid level, calcium salts, monosodium glutamate, and. *Food Technol.*, 1497-1500.
- Primo Yufero, E. (1998). *Química de los alimentos*. Madrid: Síntesis S.A.
- Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. (2002). *Métodos de análisis para las frutas y las hortalizas elaboradas*. San Antonio, Texas: Comisión del codex alimentarius.
- Pugliese, A., Loizzo, M. R., Tundis, R., O'Callaghan, Y., Galvin, K., Menichini, F., & O'Brien, N. (2013). The effect of domestic processing on the content and bioaccessibility of carotenoids from chili peppers (*Capsicum* species). *Food Chemistry*, 141(3), 2606-2613.
- Quipo Muñoz, F. E., Ramírez Muñoz, Á. M., Rojas Pérez, J. A., & Ordoñez Santos, L. E. (2013). Cambios en la Vitamina C y el Color durante la Cocción del Pimentón Verde (*Capsicum Annuum* L). *Tecno. Lógicas*(31), 141-150.
- Quipo Muñoz, F. E., Ramírez Muñoz, Á. M., Rojas Pérez, J. A., & Ordoñez Santos, L. E. (2013). Cambios en la Vitamina C y el Color durante la Cocción del Pimentón Verde (*Capsicum Annuum* L). *Tecno Lógicas*, 141-150.
- Rahimzade Khoyi, M., & Hesari, J. (2007). Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution. *Journal of Food Engineering*, 78, 1355-1360. doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.01.007
- Rahman, M. S., & Lamb, J. (1990). Osmotic dehydration of pineapple. *Journal of Food Science and Technology*, 150-152.
- Reyes, G. O., Corzo, N., Bracho, N., & Rodríguez, Y. (2008). Optimización de la deshidratación osmótica con pulso de vacío de láminas de sardinas. *Revista Científica – Facultad de Ciencias Veterinarias*, 18(3), 320-328.
- Roberts, D. (2012). *Bioquímica del procesamiento de frutas y hortalizas*. Zaragoza, España.: Acribia.

- Sahin, S., & Gulum Sumnu, S. (2009). *Propiedades físicas de los alimentos*. Zaragoza-España: Acribia S.A.
- Salvatori, D., Andres, A., Albors, A., Chiralt, A., & Fito, P. (2001). Vacuum Impregnation Viability of Some Fruits and Vegetables. In P. Fito, A. Chiralt, J. M. Barat, W. E. Spies, & D. Behnilian, *Osmotic Deshydration & Vacuum Impregnation*. Lancaster: Technomic Publishing Company Book.
- Segura Campos , M. R., Ruiz, J. C., Chel Guerrero , L. A., & Betancur Ancona , D. A. (2016). *Capsicum chinense : Composition and Functional Properties*. In K. Kristbergsson, & S. Ötles, *Functional properties of traditional foods* (pp. 289-292). Reykjavík, Islandia: Springer. doi:DOI 10.1007/978-1-4899-7662-8_20
- Sharma, S. K., Mulvaney , S. J., & Rizvi, S. S. (2003). *Ingeniería de alimentos: Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio*. New York : Limusa Wiley.
- Shetty, K., Paliyath, G., Pometto, A., & Levin, R. E. (2006). *Food biotechnology*. New York: CRC Press & Taylor and Francis Group.
- Shoup , J. L., Gould, W. A., Geisman , J. R., & Crean , D. E. (1975). Salt free acidulant storage of pickling cucumbers. *Journal of food science*, 40, 689-691. doi:10.1111/j.1365-2621.1975.tb00530.x
- Siddiq, M., & Uebersax, M. A. (2018). *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing*. Pondicherry-India: John Wiley & Sons Ltd.
- Torreggiani, D. (1993). Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International*, 26: 59-68.
- Torres, j. (2007). *Optimización de Las condiciones de operación de tratamientos osmóticos destinados al procesado mínimo de mango*. Valencia-España: (tesis de post grado), Universidad politecnica de valencia.
- USDA. (2015). *Complete Guide to Home Canning*. In D. o. States, *Guide 6: Preparing and canning fermented foods and pickled vegetables* (pp. 1-92). Indiana: Agriculture Information.
- Valdez Fragoso , A., Martinez Monteagudo, S. I., Salais Fierro, F., Welti Chanes, J., & Mujica Paz, H. (2007). Vacuum pulse-assisted pickling whole jalapeño pepper optimization. *Journal of Food Engineering*(79), 1261–1268. doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.04.041
- Valdez Fragoso , A., Sáenz Hernández, C. M., Welti Chanes, J., & Mújica Paz, H. (2009). Cherry pepper pickling: Mass transport and firmness parameters and stability indicators. *Journal of Food Engineering*, 95, 648–655. doi:10.1016/j.jfoodeng.2009.06.032
- Valdez Fragoso , A., Sáenz Hernández, C. M., Welti Chanes, J., & Mújica Paz, H. (2009). Cherry pepper pickling: Mass transport and firmness parameters and stability indicators. *Journal of Food Engineering*, 648–655.
- Valdez Fragoso , A., Soto Caballero, M. C., Soria Hernandez, C. G., Valiente Banuet, J. I., Welti Chanes , J., & Mujica, H. (2013). Efecto de las variables de encurtido en los parametros de transferencia de masa, estabilidad y calidad de chile piquin. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, Vol. 12, No. 1 (2013) 1-10.
- Vignoni , L. A., Césari , R. M., Marcela , F., & Mirábil , M. L. (2006). Determinación de Índice de Color en Ajo Picado. *Información Tecnológica*, 17(6), 63-67. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642006000600011

Waizel, J., & Camacho, R. (2011). El género *Capsicum* spp. ("chile"). *Revista de divulgacion científica y tecnologica*, 67-79.

Walter, M. H., & Dieter, S. (2011). Carotenoids and their cleavage products: Biosynthesis and functions. *Natural Product Reports*, 28, 663–692. doi:10.1039/c0np00036a

Anexos

Anexo 1 – Resultados de la curva de calibración del análisis de Carotenoides totales

Tabla 16. Resultados de la cuantificación de solución madre para la elaboración de la curva de calibración de los carotenoides totales

mg	Volumen a diluir (ml)	Concentración mg/ml	Conc mg/L o $\mu\text{g/ml}$	mg/L	Prom Abs
1	5	0.2000	200	-	-
0.01	4	0.0005	0.5	0.5	0.0480
0.02	4	0.0010	1	1	0.1855
0.03	4	0.0015	1.5	1.5	0.2825
0.04	4	0.0020	2	2	0.4120
0.05	4	0.0025	2.5	2.5	0.5245

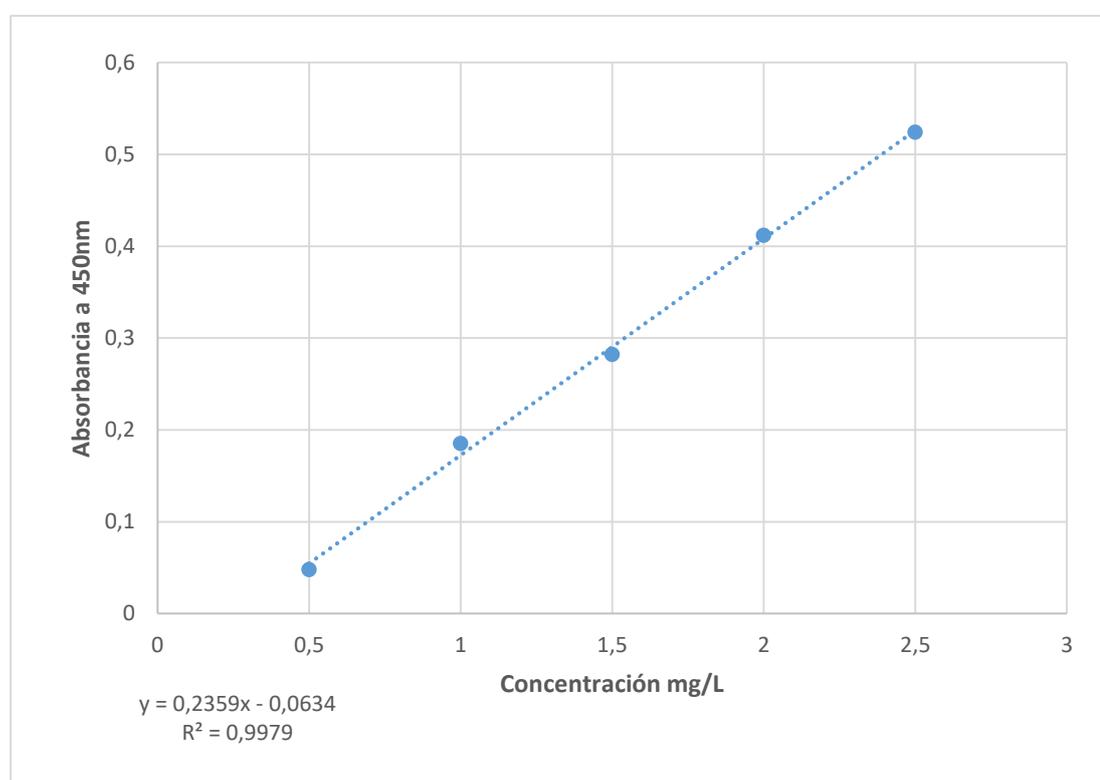


Figura 27. Curva de calibración para calcular el contenido de carotenoides totales

Anexo 2 – Resultados de la variación de color en escala CIEL*a*b* en el ají (*Capsicum Chinense*) encurtido

Tabla 17. Variación del color en escala CIEL*a*b* del ají dulce rojo fresco

Exp	L*	a*	b*
1	40.15 ± 0.01	42.95 ± 0.01	27.81 ± 0.14

Tabla 18. Variación del color en escala CIEL*a*b* del ají dulce rojo encurtido a 30 días de almacenamiento

Exp	L*	a*	b*
1	40.15 ± 0.01	42.95 ± 0.01	27.81 ± 0.01
2	45.72 ± 0.04	48.52 ± 0.07	33.37 ± 0.07
3	45.29 ± 0.13	48.09 ± 0.07	33.05 ± 0.07
4	45.92 ± 0.04	48.72 ± 0.07	33.57 ± 0.07
5	44.86 ± 0.01	47.66 ± 0.01	32.43 ± 0.01
6	43.34 ± 0.00	45.68 ± 0.01	30.43 ± 0.01
7	45.92 ± 0.04	48.72 ± 0.07	33.57 ± 0.07
8	43.77 ± 0.09	46.11 ± 0.07	30.78 ± 0.07

Tabla 19. Variación del color en escala CIEL*a*b* del ají dulce rojo encurtido a 60 días de almacenamiento

Exp	L*	a*	b*
1	41.46 ± 0.01	44.63 ± 0.00	32.55 ± 0.00
2	40.83 ± 0.01	45.90 ± 0.00	36.39 ± 0.00
3	40.47 ± 0.01	45.54 ± 0.01	36.03 ± 0.01
4	40.74 ± 0.01	45.81 ± 0.01	36.30 ± 0.01
5	39.89 ± 0.01	44.96 ± 0.01	35.47 ± 0.01
6	37.55 ± 0.01	42.62 ± 0.01	33.12 ± 0.01
7	41.49 ± 0.01	46.56 ± 0.01	37.05 ± 0.01
8	39.11 ± 0.01	44.18 ± 0.01	34.67 ± 0.01

Tabla 20. Variación del color en escala CIEL*a*b del ají dulce rojo en encurtido a 90 días de almacenamiento

Exp	L*	a*	b*
1	40.42 ± 0.01	45.49 ± 0.01	35.98 ± 0.01
2	42.47 ± 0.01	47.54 ± 0.01	38.03 ± 0.01
3	42.70 ± 0.01	47.77 ± 0.01	38.26 ± 0.01
4	43.09 ± 0.01	48.16 ± 0.01	38.65 ± 0.01
5	41.33 ± 0.01	46.40 ± 0.01	36.89 ± 0.01
6	41.42 ± 0.01	46.49 ± 0.01	36.98 ± 0.01
7	43.73 ± 0.01	48.80 ± 0.01	39.29 ± 0.01
8	42.99 ± 0.01	48.06 ± 0.01	38.55 ± 0.01

Tabla 21. Variación del color en escala CIEL*a*b del ají dulce rojo en encurtido a 60 días de almacenamiento

Exp	L*	a*	b*
1	43.45 ± 0.01	48.52 ± 0.01	39.01 ± 0.01
2	43.20 ± 0.01	48.27 ± 0.01	38.76 ± 0.01
3	43.28 ± 0.01	48.35 ± 0.01	38.84 ± 0.01
4	42.31 ± 0.01	47.38 ± 0.01	37.87 ± 0.01
5	41.80 ± 0.01	46.87 ± 0.01	37.36 ± 0.01
6	45.48 ± 0.01	50.55 ± 0.01	41.04 ± 0.01
7	44.92 ± 0.01	49.99 ± 0.01	40.48 ± 0.01
8	43.42 ± 0.01	48.49 ± 0.01	38.98 ± 0.01

Anexo 3 – Resultados de la variación de % de sal del encurtido de ají dulce rojo (Capsicum Chinense)

Tabla 22. *Variación del % de sal en el líquido de gobierno del ají dulce rojo encurtido*

Exp	Tiempo				
	0	30	60	90	120
1	2.72 ± 0.01	2.20 ± 0.01	2.11 ± 0.01	2.08 ± 0.01	2.00 ± 0.01
2	4.29 ± 0.01	3.27 ± 0.01	3.23 ± 0.00	3.19 ± 0.01	3.15 ± 0.01
3	4.77 ± 0.01	3.83 ± 0.01	3.77 ± 0.01	3.75 ± 0.01	3.70 ± 0.01
4	2.83 ± 0.01	2.28 ± 0.01	2.25 ± 0.00	2.17 ± 0.01	2.11 ± 0.00
5	4.30 ± 0.01	4.05 ± 0.01	3.21 ± 0.01	3.05 ± 0.01	2.98 ± 0.00
6	2.83 ± 0.01	2.65 ± 0.01	2.24 ± 0.01	2.15 ± 0.01	2.13 ± 0.00
7	2.88 ± 0.02	2.44 ± 0.01	2.19 ± 0.01	2.20 ± 0.01	2.15 ± 0.00
8	4.25 ± 0.01	3.90 ± 0.01	3.47 ± 0.01	3.30 ± 0.00	3.33 ± 0.01

Anexo 4 – Resultados de la variación del peso del ají encurtido

Tabla 23. *Variación del peso en el ají dulce rojo encurtido*

Exp	Tiempo				
	0	30	60	90	120
1	2.0210 ± 0.04	1.9385 ± 0.02	1.7935 ± 0.01	1.7935 ± 0.02	1.3310 ± 0.02
2	2.4695 ± 0.01	2.4545 ±	2.3695 ± 0.01	2.3695 ± 0.02	1.7620 ± 0.05
3	1.9813 ± 0.01	0.01	1.8963 ± 0.01	1.8963 ± 0.01	1.9038 ± 0.03
4	2.4497 ± 0.03	1.9663 ± 0.00	2.1647 ± 0.03	2.1647 ± 0.02	1.2622 ± 0.03
5	1.9744 ± 0.02	2.4022 ± 0.09	1.7444 ± 0.01	1.7444 ± 0.01	0.7119 ± 0.01
6	2.3520 ± 0.01	1.8819 ± 0.07	2.3195 ± 0.02	2.3195 ± 0.02	1.9445 ± 0.06
7	1.9646 ± 0.01	2.3345 ± 0.08	1.8946 ± 0.02	1.8946 ± 0.03	1.1796 ± 0.01
8	2.8295 ± 0.03	1.9271 ± 0.01	2.6270 ± 0.03	2.6270 ± 0.02	1.9345 ± 0.01
		2.6745 ± 0.02			

Anexo 5 – Resultados estadísticos de IC

Tabla 24. ANOVA de medias repetidas del contenido del índice de color

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
PV	1	4.3	4.28	60.35	1.64E-09	***
Tiempo	4	971.9	242.97	3421.671	< 2e-16	***
PV:Sal	1	0.00	0.04	0.559	0.459062	
PV:Tiempo	4	3.1	0.77	10.795	4.98e-06	***
Vinagre:Tiempo	4	10.5	2.63	37.05	5.93e-13	***
Sal:Tiempo	4	2.1	0.53	7.402	0.000147	***
PV:Vinagre:Tiempo	3	2.1	0.69	9.787	5.71e-05	***
PV:Sal:Tiempo	4	0.5	0.13	1.845	0.139280	
Vinagre:Sal:Tiempo	4	3.2	0.79	11.154	3.58e-06	***
PV:Vinagre:Sal:Tiempo	3	0.8	0.28	3.897	0.015595	*
Residuals	40	2.8	0.07			

Nota: “****” = 0, “***”=0.001, “**”=0.01, “*”=0.05, “.”= 0.1, “” =1

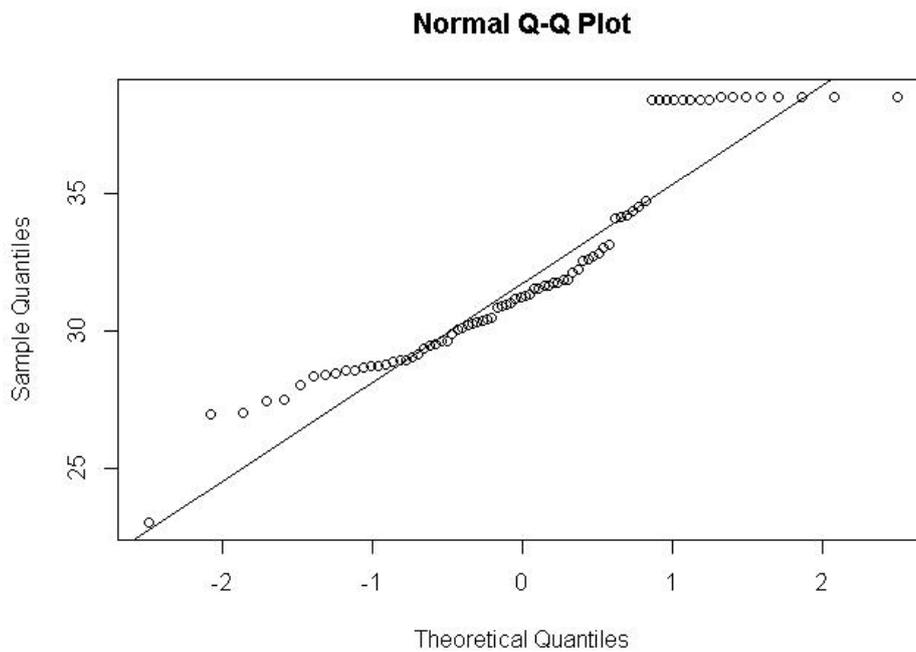


Figura 28. Normalidad de los residuos de los datos de IC

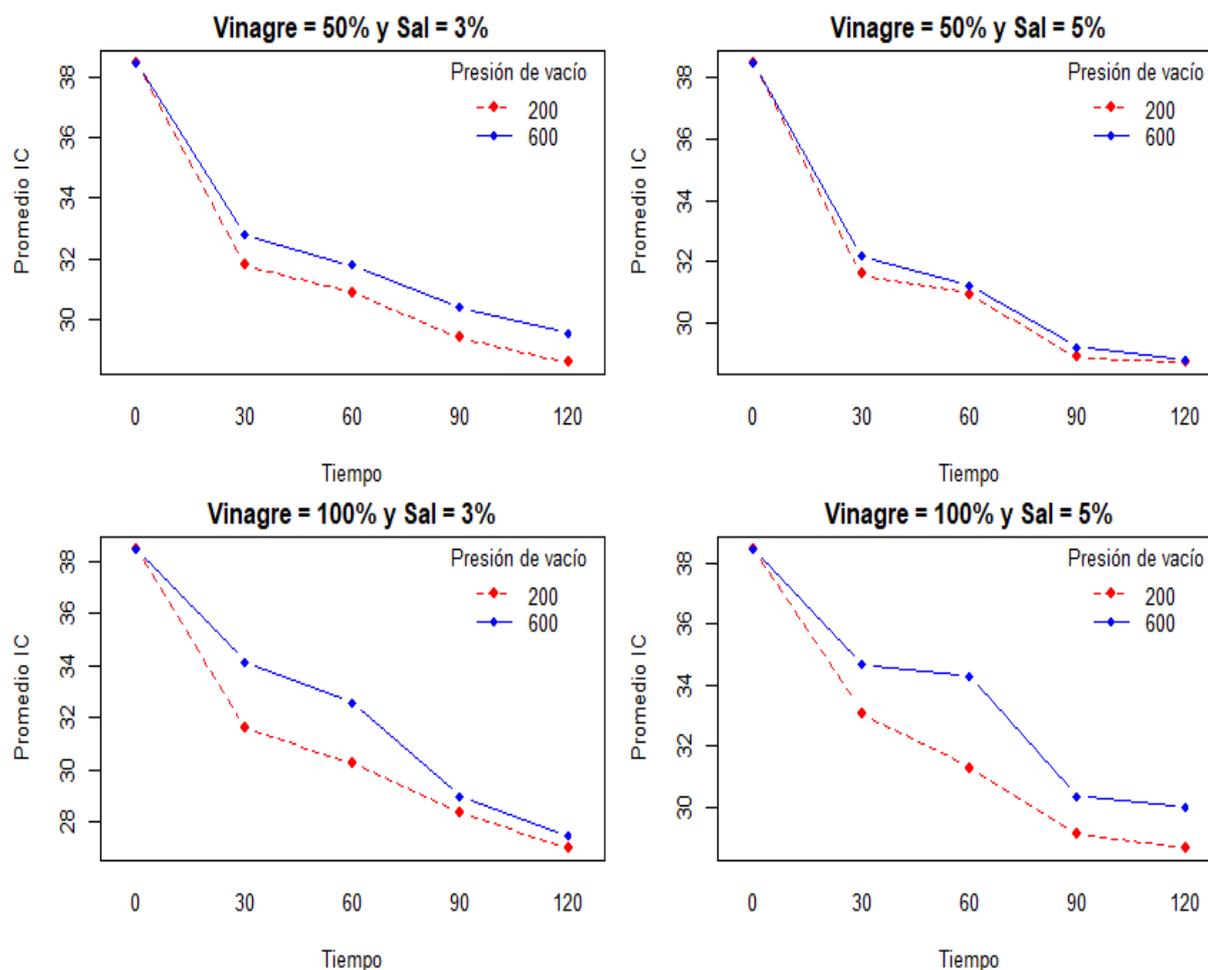


Figura 29. Interacción de tiempo y la presión de vacío en IC con vinagre (50% y 100 %) y sal (3% y 5 %).

Anexo 6 – Resultados estadísticos de Carotenoides

Tabla 25. ANOVA de medias repetidas del contenido de carotenoides totales

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
PV	1	2.5	2.51	7.002	0.01159	*
Tiempo	4	986.5	246.63	687.290	< 2e-16	***
PV:Sal	1	0.7	0.73	2.043	0.16069	
PV:Tiempo	4	6.4	1.59	4.424	0.00469	**
Vinagre:Tiempo	4	14.1	3.52	9.822	1.24e-05	***
Sal:Tiempo	4	0.2	0.06	0.158	9.58e-01	
PV:Vinagre:Tiempo	3	1.4	0.48	1.341	0.27481	
PV:Sal:Tiempo	4	1.7	0.43	1.21	0.32170	
Vinagre:Sal:Tiempo	4	3.8	0.96	2.680	0.04526	*
PV:Vinagre:Sal:Tiempo	3	3.7	1.23	3.441	0.02561	*
Residuals	40	14.4	0.36			

Nota: ***=0 , **=0.001, *=0.01, .=0.05, ” ”.= 0.1, =1

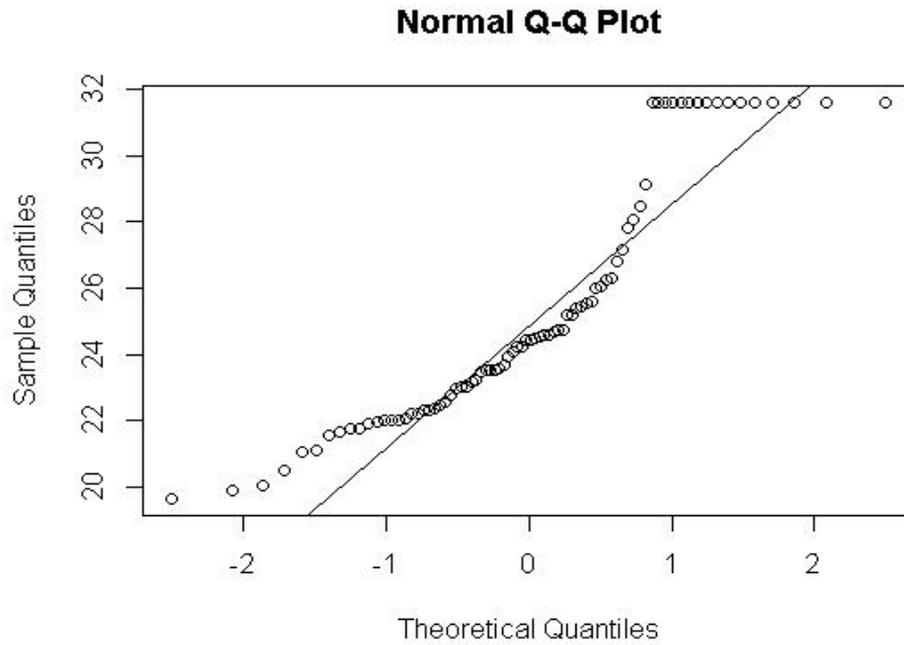


Figura 30. Normalidad de los residuos de los datos de Carotenoides

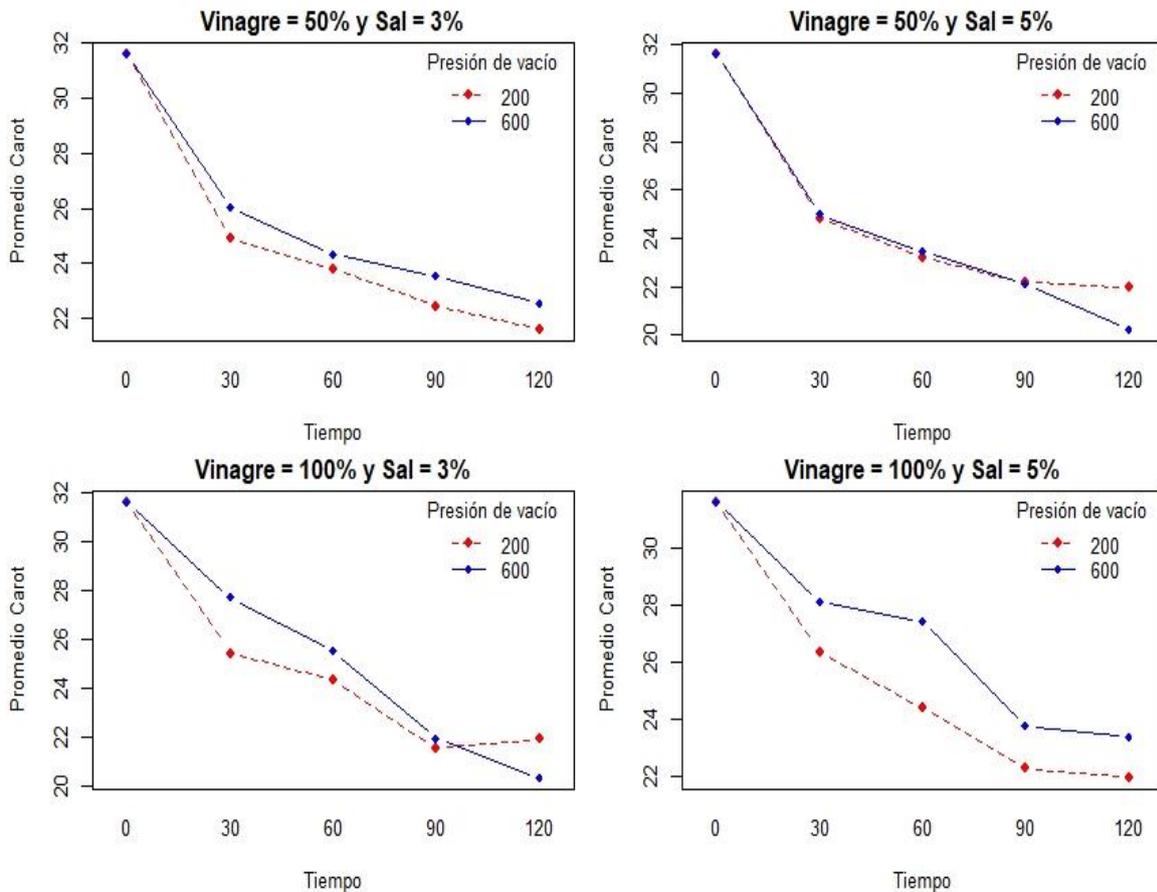


Figura 31. Interacción de tiempo y la presión de vacío en carotenoides con vinagre (50% y 100 %) y sal (3% y 5 %).

Anexo 7 – Resultados estadísticos de pH

Tabla 26. ANOVA de medias repetidas del pH del líquido de gobierno

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
PV	1	0.000	0.0004	0.189	0.6662	
Tiempo	4	8.062	2.0154	1057.251	<2e-16	***
PV:Sal	1	0.003	0.0031	1.607	0.2123	
PV:Tiempo	4	0.022	0.0055	2.863	0.0355	*
Vinagre:Tiempo	4	0.084	0.0210	11.001	4.12e-06	***
Sal:Tiempo	4	0.025	0.0062	3.242	0.0215	*
PV:Vinagre:Tiempo	3	0.009	0.0031	1.645	0.1943	
PV:Sal:Tiempo	4	0.022	0.0055	2.910	0.0333	*
Vinagre:Sal:Tiempo	4	0.020	0.0049	2.571	0.0524	.
PV:Vinagre:Sal:Tiempo	3	0.015	0.0051	2.672	0.0603	.
Residuals	40	0.076	0.0019			

Nota: ***=0 , **=0.001, *=0.01, .=0.05, ” ”.= 0.1, =1

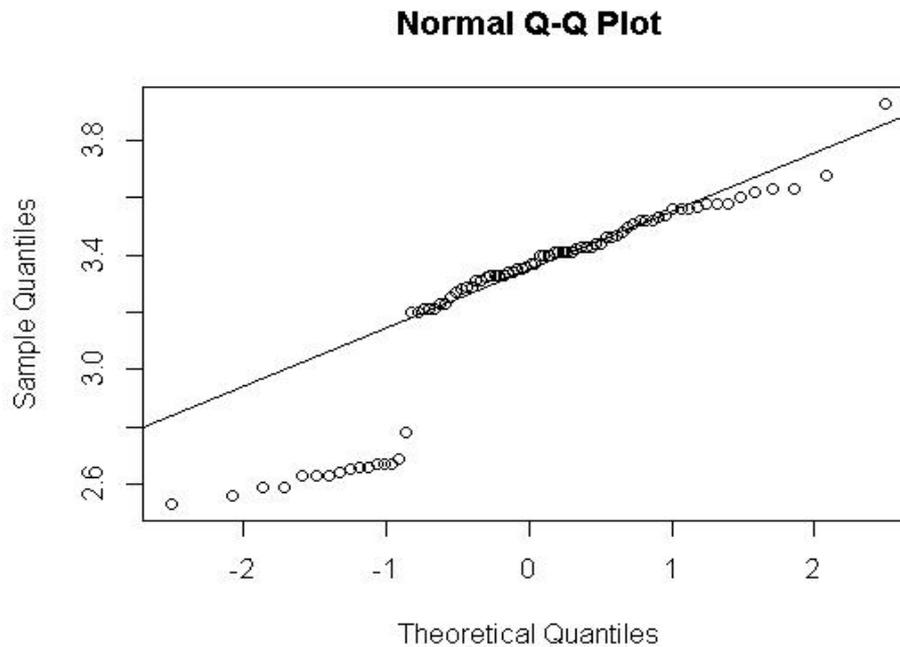


Figura 32. Normalidad de los residuos de los datos de pH

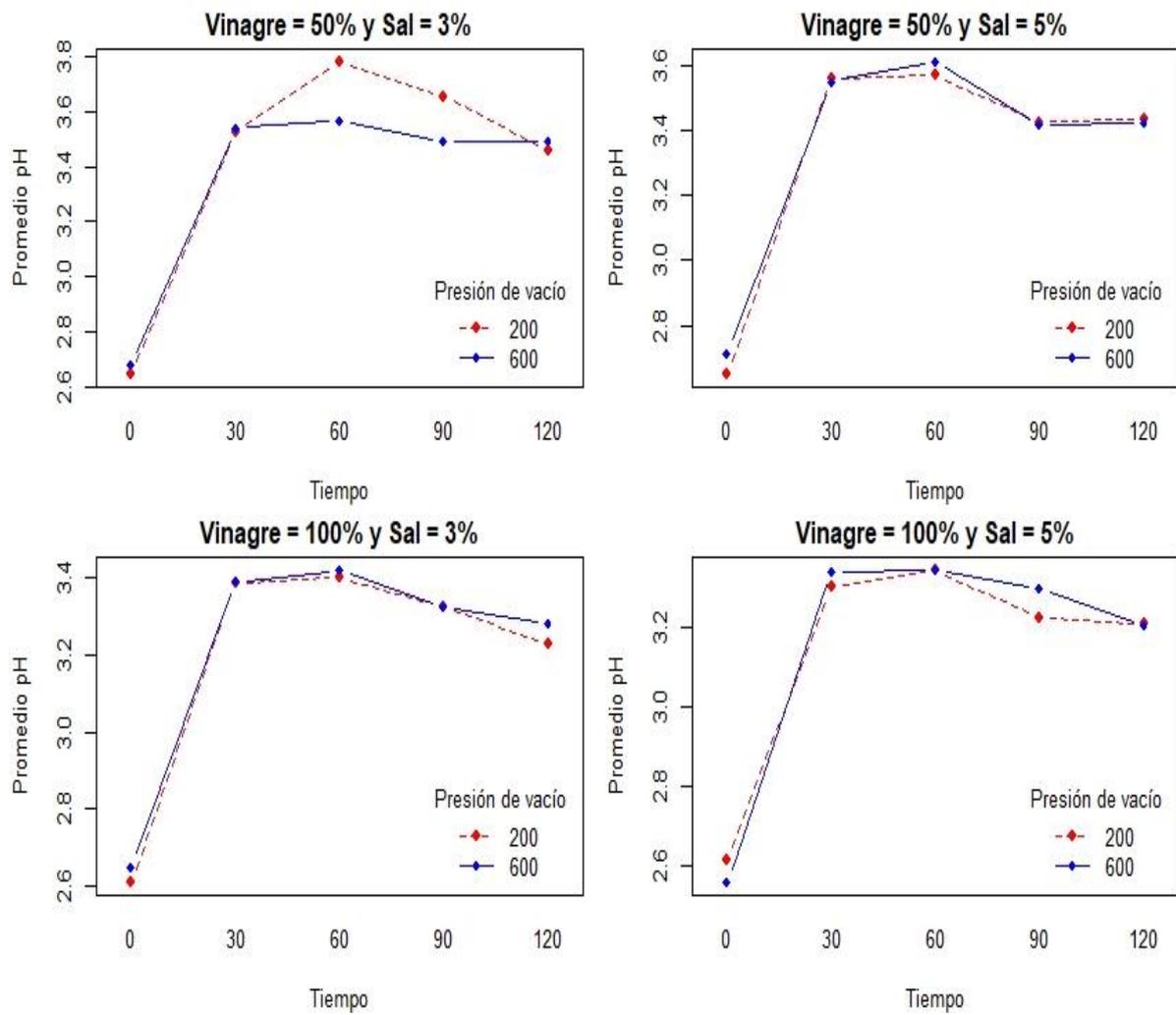


Figura 33. Interacción de tiempo y la presión de vacío en pH con vinagre (50% y 100 %) y sal (3% y 5 %).

Anexo 8 –Resultados estadísticos de acidez

Tabla 27. ANOVA de medias repetidas de la acidez del fruto de ají dulce rojo encurtido

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
PV	1	0.1	0.1	1.579	0.216161
Tiempo	4	1325.2	331.3	7877.018	<2e-16 ***
PV:Sal	1	0.400	0.4	10.535	0.002371 **
PV:Tiempo	4	0.3	0.1	1.701	0.168797
Vinagre:Tiempo	4	62.0	15.5	368.33	<2e-16 ***
Sal:Tiempo	4	1.1	0.3	6.833	0.000273 ***
PV:Vinagre:Tiempo	3	0.9	0.3	7.093	0.000623 ***
PV:Sal:Tiempo	4	1.3	0.3	7.64	0.000114 ***
Vinagre:Sal:Tiempo	4	1.6	0.4	9.322	2.02e-05 ***
PV:Vinagre:Sal:Tiempo	3	1.3	0.4	10.676	2.75e-05 ***
Residuals	40	1.7	0.0		

Nota: ***=0 , **=0.001, *=0.01, .=0.05, ” ”.= 0.1, =1

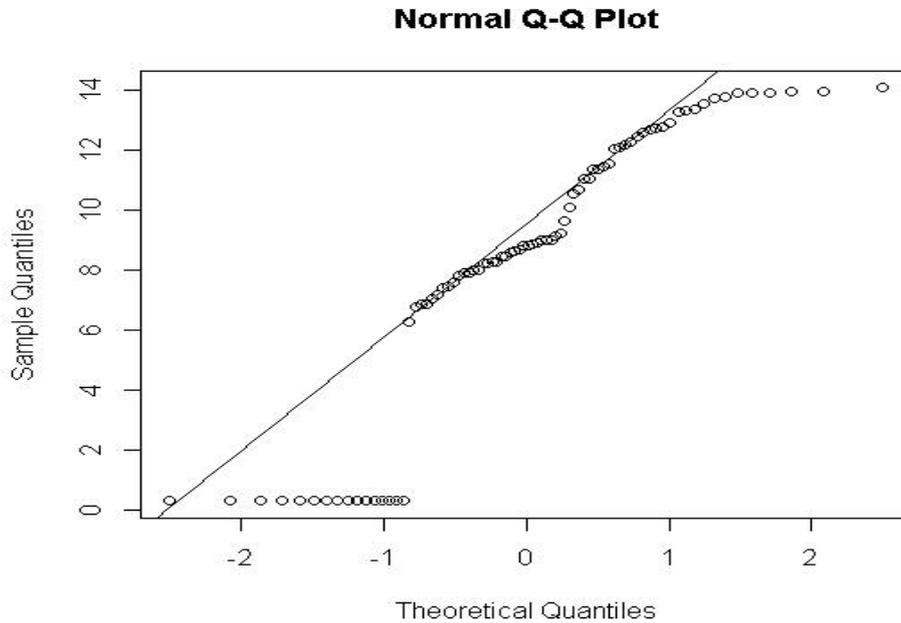


Figura 34. Normalidad de los residuos de los datos de acidez

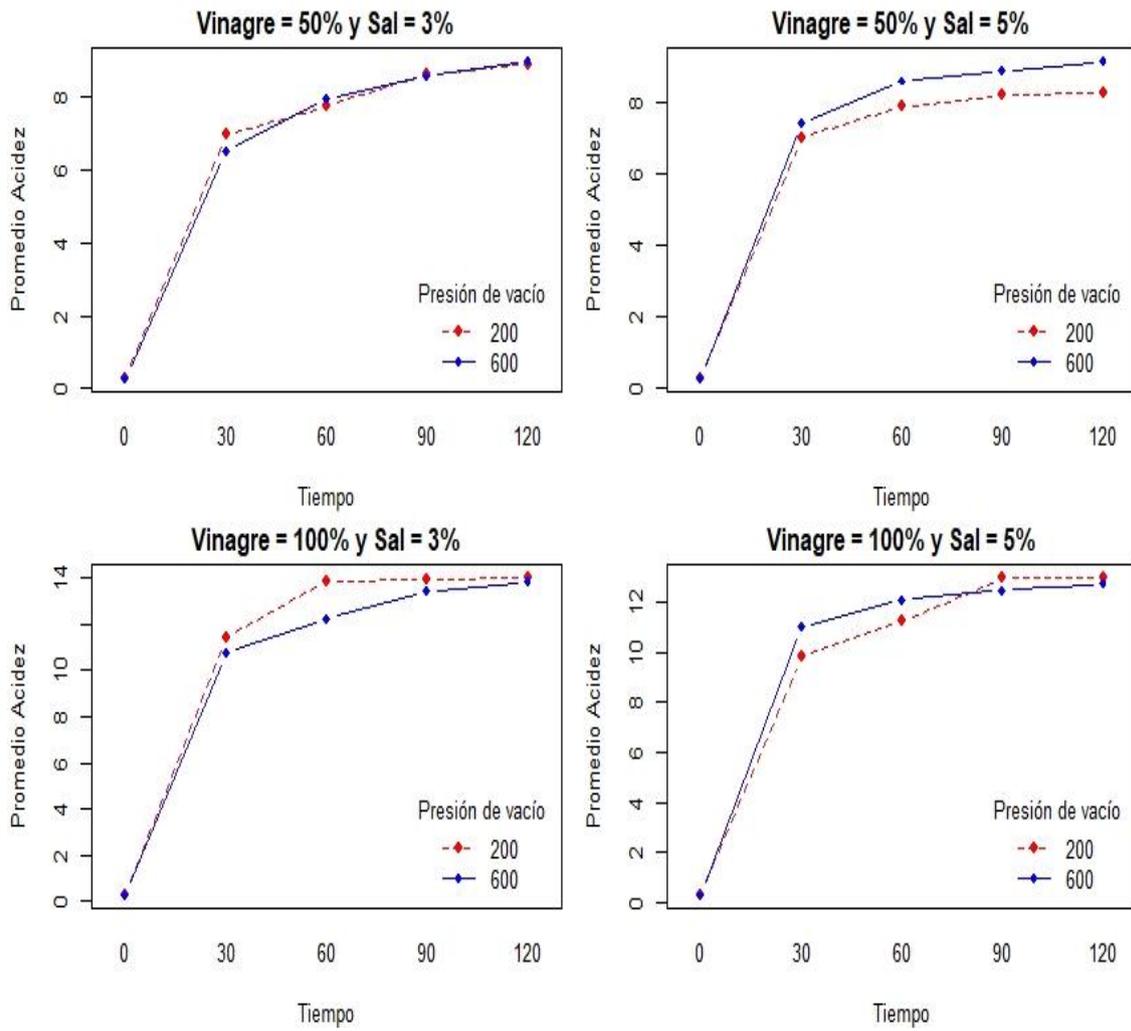


Figura 35. Interacción de tiempo y la presión de vacío en acidez con vinagre (50% y 100 %) y sal (3% y 5 %).

Anexo 9 – Resultados estadísticos de solidos solubles

Tabla 28. ANOVA de medias repetidas del contenido de sólidos solubles

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
PV	1	1.106	1.106	38.454	2.46E-07	***
Tiempo	4	21.736	5.434	189.007	< 2E-16	***
PV:Sal	1	0.390	0.390	13.567	0.000681	***
PV:Tiempo	4	0.024	0.006	0.206	0.933606	
Vinagre:Tiempo	4	0.104	0.026	0.902	0.471855	
Sal:Tiempo	4	0.424	0.106	3.689	0.011967	*
PV:Vinagre:Tiempo	3	0.116	0.039	1.348	0.272559	
PV:Sal:Tiempo	4	0.111	0.028	0.967	0.436294	
Vinagre:Sal:Tiempo	4	0.738	0.185	6.420	0.000435	***
PV:Vinagre:Sal:Tiempo	3	0.151	0.050	1.754	0.171574	
Residuals	40	1.15	0.029			

Nota: ***=0 , **=0.001, *=0.01, .=0.05, ” ”.= 0.1, =1

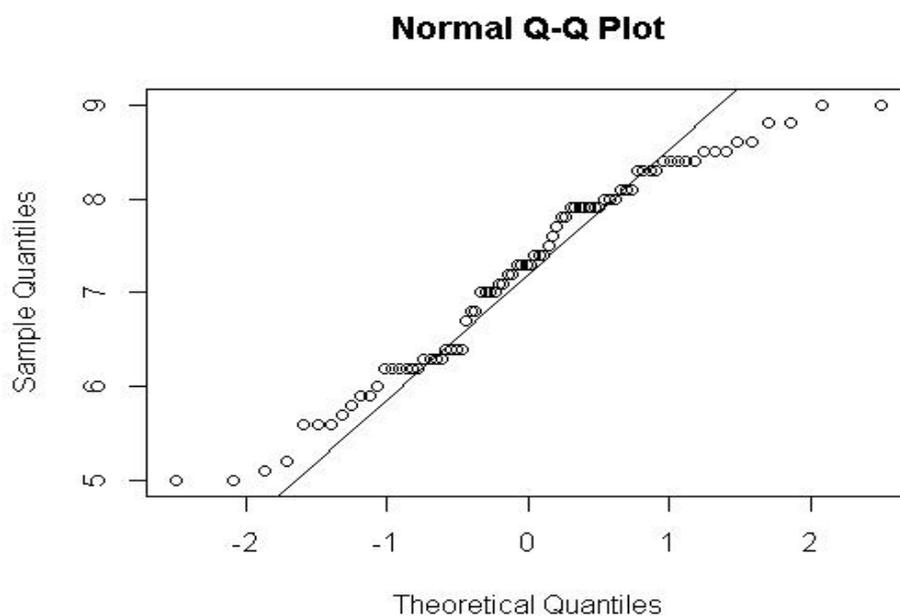


Figura 36. Normalidad de los residuos de los datos de solidos solubles

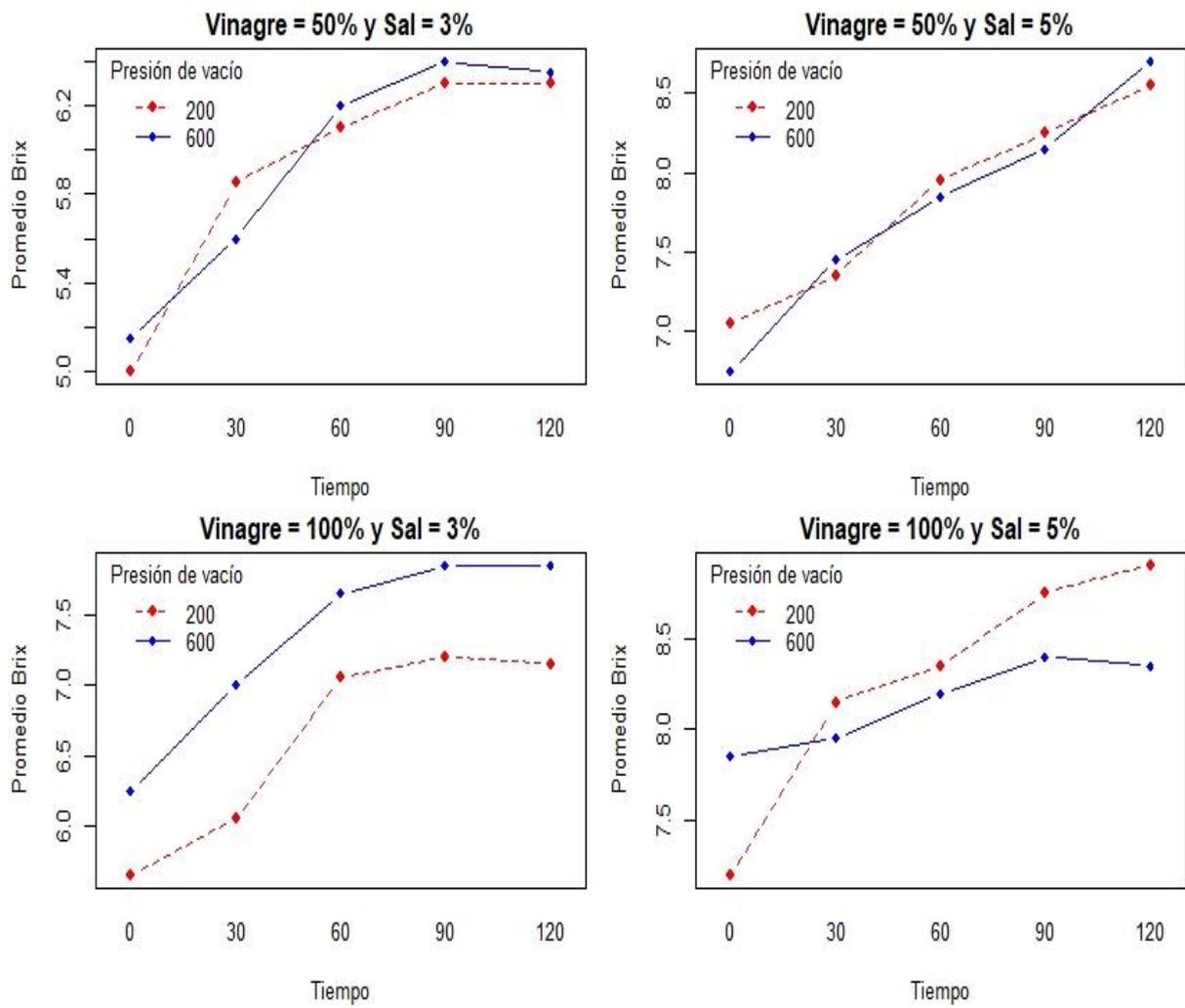


Figura 37. Interacción de tiempo y la presión de vacío en sólidos solubles con vinagre (50% y 100 %) y sal (3% y 5 %).

Anexo 10 – Resultados estadísticos de ganancia de solutos

Tabla 29. ANOVA de medias repetidas de la ganancia de solutos

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
PV	1	0.042	0.0423	2.153E+02	< 2e-16	***
Tiempo	4	9.436	2.3365	11905.74	< 2e-16	***
PV:Sal	1	0.005	0.0051	25.80	9.20E-06	***
PV:Tiempo	4	0.009	0.0022	11.09	3.79E-06	***
Vinagre:Tiempo	4	0.656	0.1641	836.22	< 2e-16	***
Sal:Tiempo	4	0.491	0.1226	624.85	< 2e-16	***
PV:Vinagre:Tiempo	3	0.017	0.0057	28.82	4.32E-10	***
PV:Sal:Tiempo	4	0.085	0.0212	108.06	< 2e-16	***
Vinagre:Sal:Tiempo	4	0.170	0.0426	216.97	< 2e-16	***
PV:Vinagre:Sal:Tiempo	3	0.074	0.0248	126.25	< 2e-16	***
Residuals	40	0.008	0.0002			

Nota: ***=0 , **=0.001, *=0.01, .=0.05, ” ”.= 0.1, =1

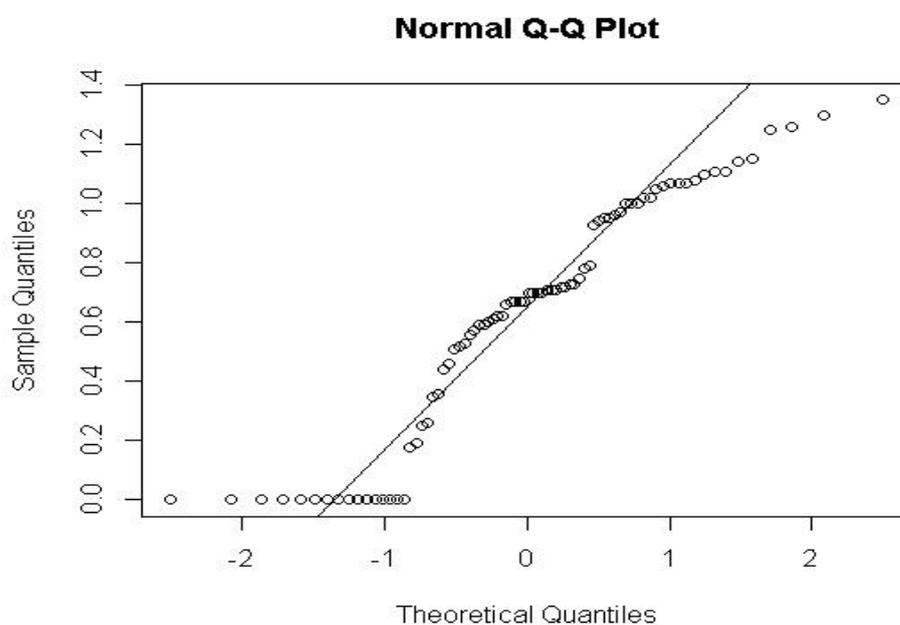


Figura 38. Normalidad de los residuos de los datos de ganancia de solutos

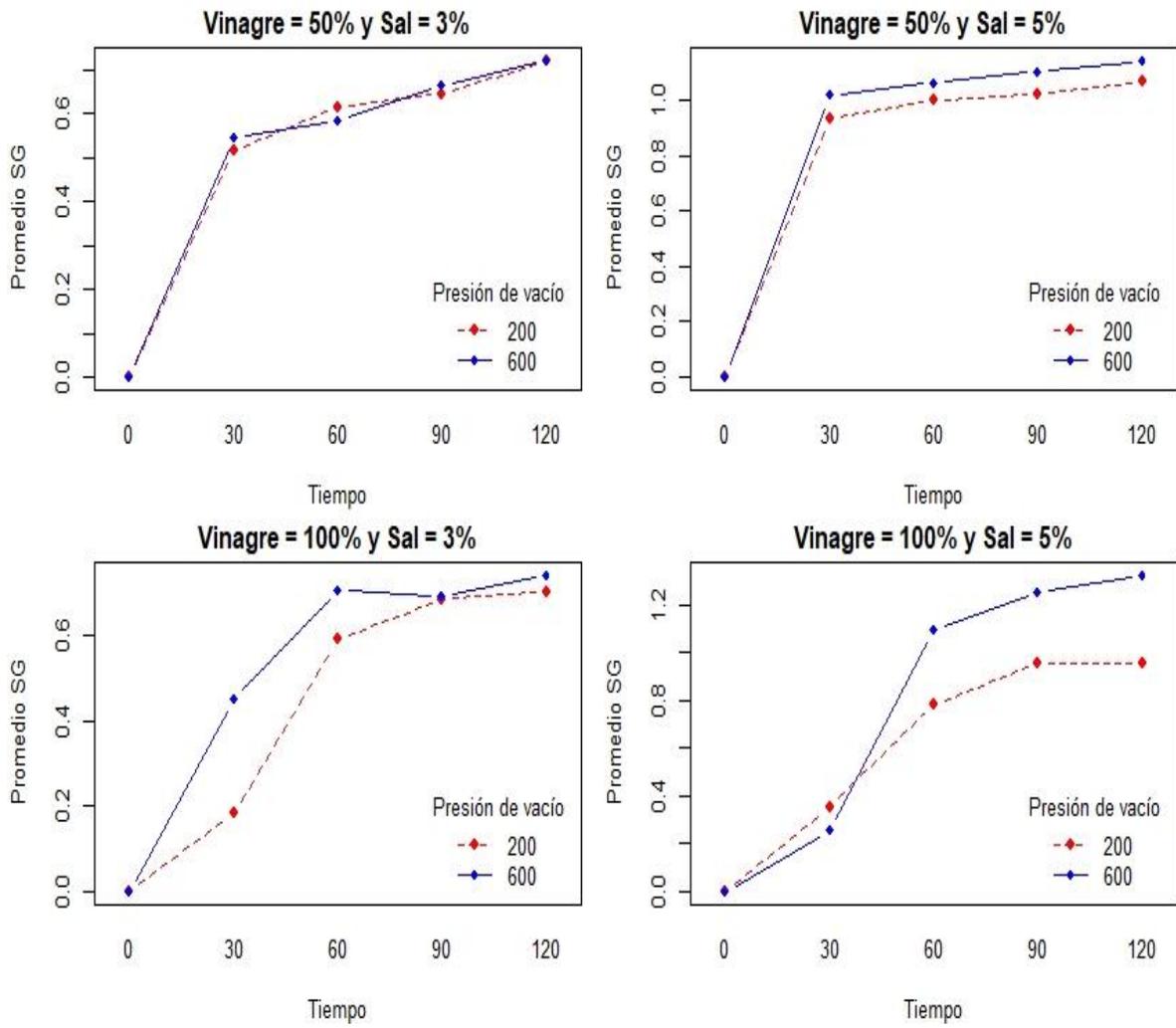


Figura 39. Interacción de tiempo y la presión de vacío en SG con vinagre (50% y 100 %) y sal (3% y 5 %).

Anexo 11 – Resultados estadísticos de pérdida de agua

Tabla 30. ANOVA de medias repetidas de la pérdida de agua del ají dulce rojo encurtido

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
PV	1	0.113	0.113	114.424	2.67E-13	***
Tiempo	4	23.999	6.000	6052.828	< 2e-16	***
PV:Sal	1	0.005	0.005	5.337	0.026122	*
PV:Tiempo	4	0.798	0.199	201.212	< 2e-16	***
Vinagre:Tiempo	4	0.886	0.221	223.422	< 2e-16	***
Sal:Tiempo	4	0.451	0.113	113.722	< 2e-16	***
PV:Vinagre:Tiempo	3	0.021	0.007	7.093	0.000623	***
PV:Sal:Tiempo	4	0.085	0.021	21.429	1.65E-09	***
Vinagre:Sal:Tiempo	4	1.120	0.280	282.576	< 2e-16	***
PV:Vinagre:Sal:Tiempo	3	0.060	0.020	20.140	4.09E-08	***
Residuals	40	0.040	0.001			

Nota: ***=0 , **=0.001, *=0.01, . =0.05, ” ” = 0.1, =1

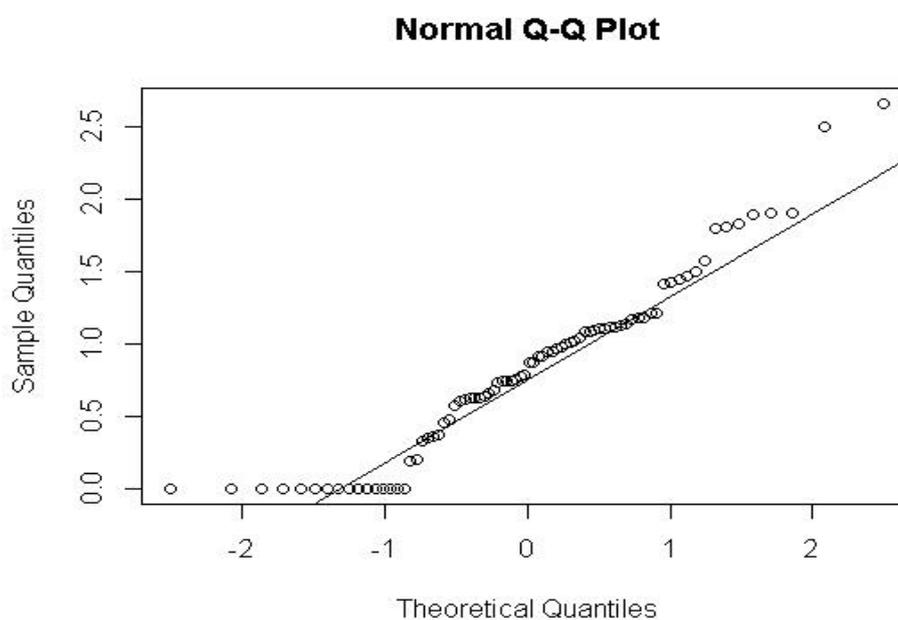


Figura 40. Normalidad de los residuos de los datos de pérdida de agua

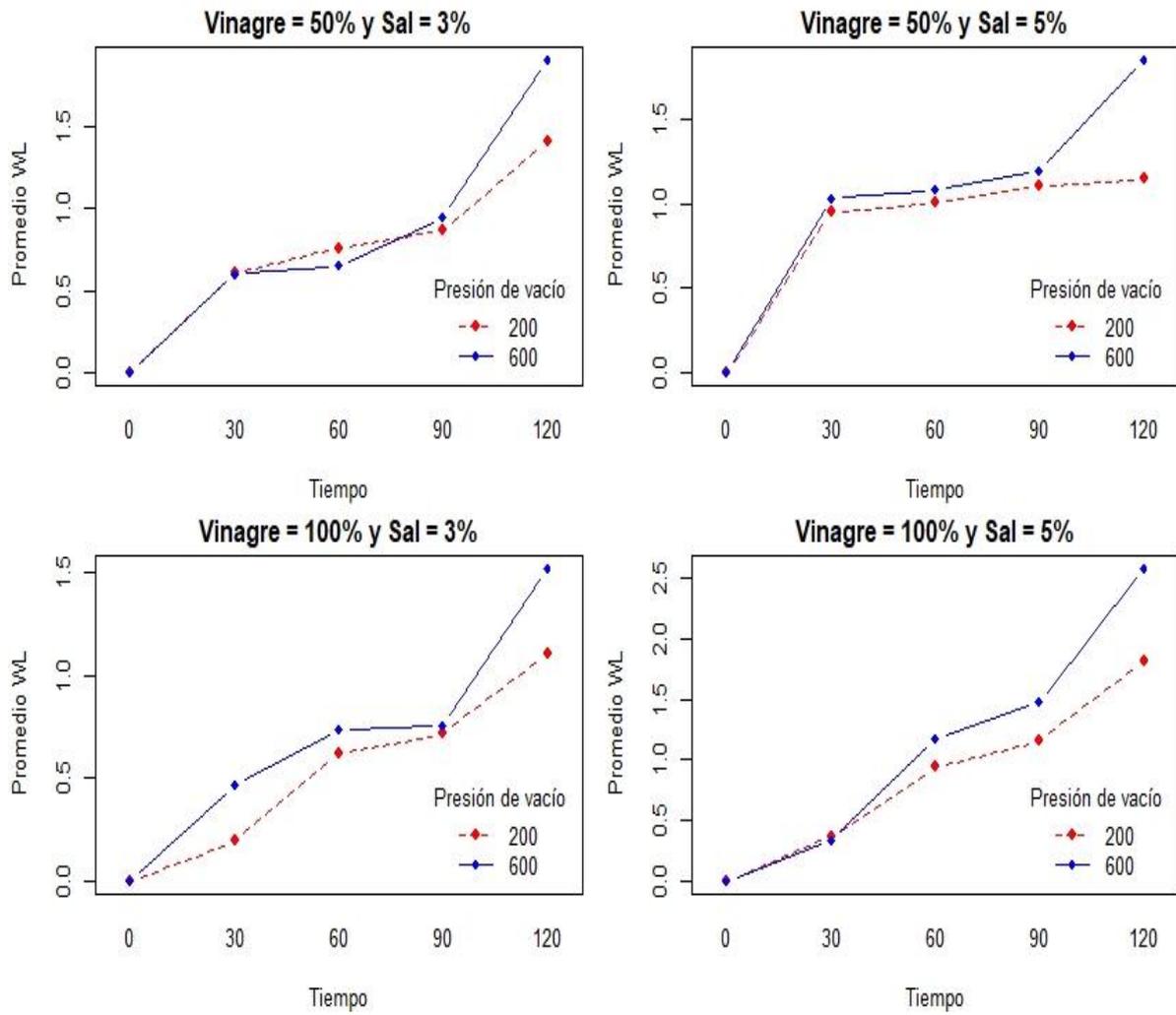


Figura 41. Interacción de tiempo y la presión de vacío en WL con vinagre (50% y 100 %) y sal

Anexo 6 – Material fotográfico



Imagen 1 – E.E.A Donoso-Huaral



Imagen 2 – Cultivos de ají dulce rojo dentro de las instalaciones de la E.E.A Donoso



Imagen 3 – Frutos de ají dulce rojo



Imagen 4 – Recepción de materia prima en las instalaciones del laboratorio de valoración nutricional de los recursos genéticos del INIA



Imagen 5 – Selección de frutos de ají dulce rojo separando ajíes dañados



Imagen 6 – Extracción de los pedúnculos de ají dulce rojo



Imagen 7 – Lavado de los frutos de ají dulce rojo



Imagen 8 – Pesado del fruto de ají dulce rojo



Imagen 9 – Adición del líquido de cobertura



Imagen 10 – Escaldado de los encurtidos de ají dulce rojo



Imagen 11 – Almacenamiento de los encurtidos de ají dulce rojo



Imagen 12 – Exposición del ají dulce rojo encurtido a pulsos de vacío



Imagen 13 – Exposición del ají dulce rojo en encurtido a pulsos de vacío a 200mbar (vista superior)



Imagen 14 – Exposición del ají dulce rojo en encurtido a pulsos de vacío a 200mbar (vista inferior)



Imagen 15 – Medición de pH del encurtido de ají dulce rojo

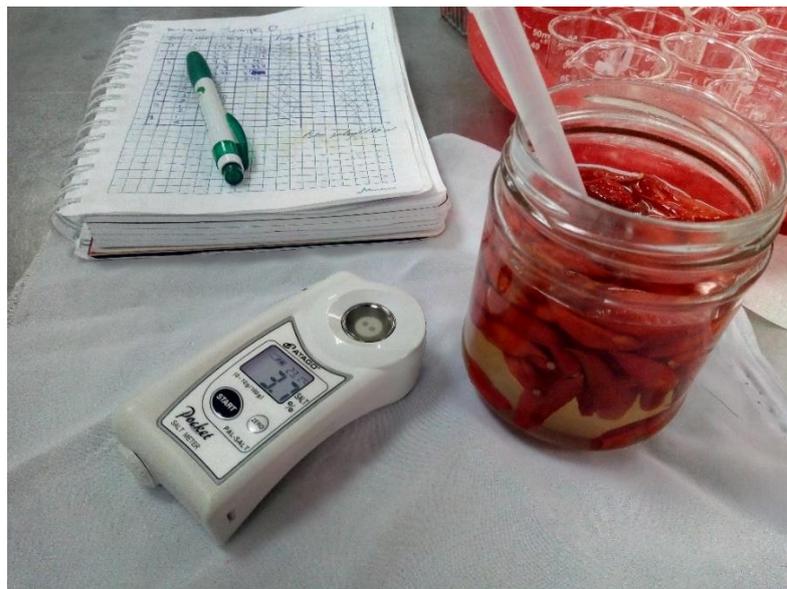


Imagen 16 – Cuantificación del porcentaje de sal en el encurtido de ají dulce rojo



Imagen 17 – Escurreo del ají dulce rojo en encurtido para posteriormente analizar color y peso



Imagen 18 – Cuantificación del color en espacio CIEL*a*b* usando un colorímetro, Konica Minolta, modelo CR – 400



Imagen 19 – Pesado de los frutos de ají dulce rojo



Imagen 20 – Molienda de las muestras de ají dulce rojo para los análisis de acidez y carotenoides totales

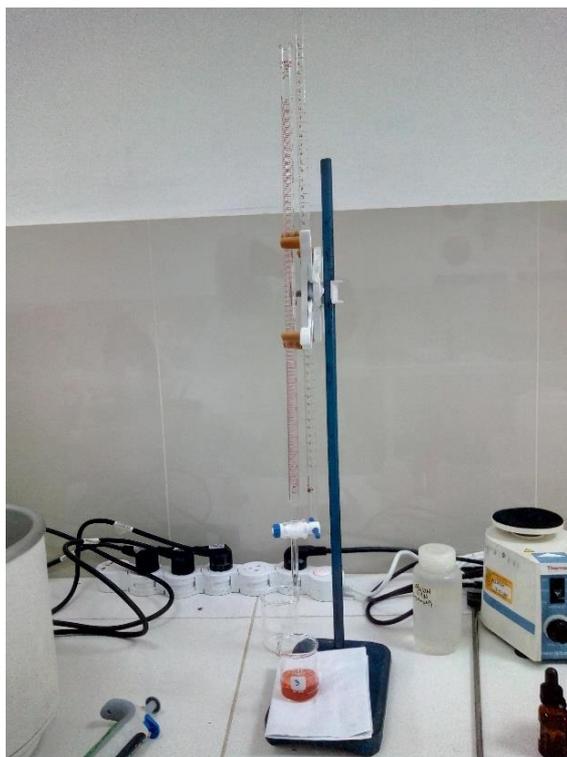


Imagen 21 – Determinación de la acidez del fruto de ají dulce rojo



Imagen 22 – Centrifuga refrigerada eppendorf usada para el análisis de Carotenoides totales

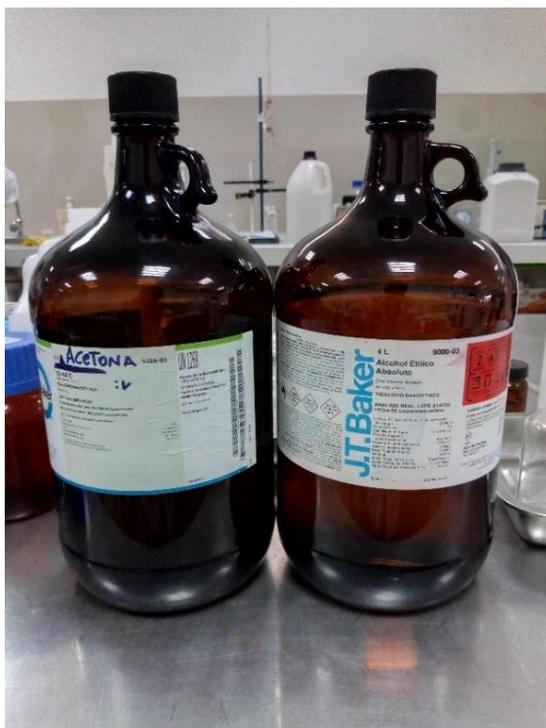


Imagen 23 – Acetona y alcohol etílico absoluto usado para la solución extractora de carotenoides



Imagen 24 – Extracto de caroteno (en su fase de separación lipídica)



Imagen 25 – Extracto puro de carotenoides

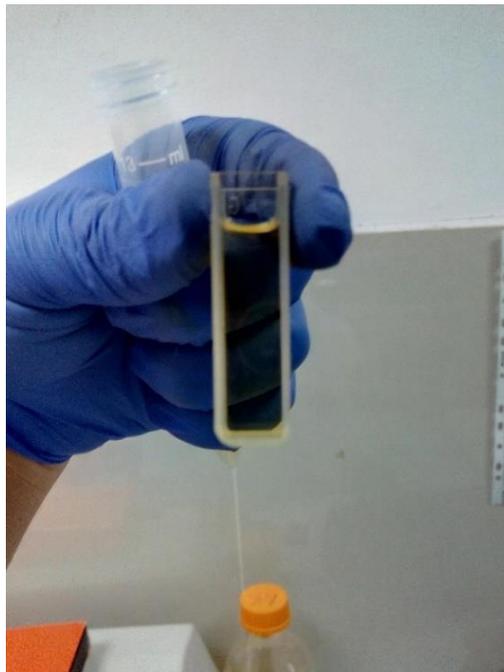


Imagen 26 – Cuantificación de carotenoides totales (extracto de caroteno diluido en acetona)