

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

Facultad de Ingeniería

**Escuela Académico Profesional Ingeniería
Agroindustrial**



“Modelamiento de la relación calibre, humedad y contenido de aceite en palta HASS (*Persea americana*) de descarte por bajo calibre para la elaboración de pulpa”

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

TESISTA:

Bach. Rebeca Salvador Reyes

ASESOR:

Dra. Luz María Paucar Menacho

Nuevo Chimbote - Perú 2016

DEDICATORIA

A Dios.

Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi madre.

Luz Delfina Reyes Borda, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaste. Mamá gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a ti.

A mis abuelos.

Delfina Borda de Reyes (QEPD) y Desiderio Reyes Vera, por quererme y apoyarme siempre, esto también se lo debo a ustedes.

A mis familiares.

Mi prima Jesús Dávila, quién siempre tuvo palabras de aliento durante estos cinco años. Mis tíos Isabel, César, Dora y Sandra Reyes, quienes a la distancia siempre creyeron en mí.

A mi maestra.

Dra. Luz Paucar Menacho por su gran apoyo y motivación durante los últimos cuatro años, en mi formación como profesional, para la culminación de mis estudios y para la elaboración de esta tesis.

A mis amigas.

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hoy trabajamos juntas como colegas por el bien común.

Rebeca.

AGRADECIMIENTOS

A las empresas agro-exportadoras FIXGROM y AGROSUNA - Casma, por el apoyo brindado en la evaluación y formulación del presente proyecto de investigación.

A la Municipalidad de Casma, que contribuyo con la donación de 50 kg de palta descarte.

A la Universidad Nacional del Santa, por el apoyo financiero brindado para la compra de materiales y reactivos, mediante su convocatoria al “CONCURSO INTERNO PARA EL FINANCIAMIENTO DE PROYECTOS DE TESIS DE PREGRADO -2016”

RESUMEN

El descarte de palta Hass debido al bajo calibre genera grandes pérdidas económicas a las empresas dedicadas a su cultivo y exportación. Dependiendo de su contenido de aceite, estos frutos pueden ser destinados a la extracción de aceite (mayor 15%) o a la producción de pulpa. La determinación del %CA en pulpa de palta resulta un procedimiento caro y largo, por lo que es necesario establecer una relación entre parámetro y medidas como la humedad y el calibre que son más económicas, fáciles y rápidas. El objetivo de este estudio fue establecer un modelo matemático que relacione el calibre, la humedad y el contenido de aceite en palta HASS de descarte por bajo calibre, para su uso como parámetro de selección para su destino en la elaboración de pulpa o extracción de aceite.

El estudio determinó que existe una relación entre el calibre, la humedad y el contenido de aceite en la palta Hass, descrita por la ecuación:
$$\%CA=5.907+0.187(\text{Cal})+0.039(\text{Cal})^2-9.661(\%H)-0.053(\%H)^2+0.069(\text{Cal})(\%H).$$

Utilizando el modelo, se determinó que las paltas de bajo calibre son aptas para su uso en la elaboración de pulpa ya que ésta equivale a un 79% de su peso y posee un %CA entre 7 y 15%, que es el ideal para la producción de pulpa.

Finalmente, en la optimización del proceso de escalado de pulpa de palta de descarte, se determinó que E5 (75°C/ 10 minutos) fue el mejor tratamiento, dado que no alteró significativamente los sabores originales de la fruta, logró inhibir la PPO por lo que el color, pH y acidez se mantuvieron constantes por más tiempo, en comparación.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo General.....	4
2.2 Objetivos Específicos.....	4
3. REVISION BIBLIOGRAFICA	5
3.1 Palta HASS	5
3.1.1 Composición y características	6
3.1.2 Clasificación según calibre	7
3.1.3 Índice de madurez y contenido de aceite.....	9
3.1.4 Producción nacional	9
3.1.5 Industrialización.....	11
3.2 Pardeamiento enzimático	12
3.2.1 Enzima polifenoloxidasa (PPO)	12
3.2.2 Enzima peroxidasa (PO)	14
3.3 Prevención del pardeamiento enzimático	15
3.3.1 Escaldado	15
3.3.2 Sellado al vacío	16
3.4 Conservación de los alimentos por frio: Refrigeración	17
4 MATERIALES Y METODOS	19
4.1 Materiales y Equipos	19

4.2	Métodos	22
4.2.1	Modelamiento de la relación calibre y humedad con el contenido de aceite	22
4.2.2	Elaboración de pulpa de palta HASS a partir de materia prima de descarte por bajo calibre	26
4.2.3	Evaluación de calidad de la pulpa	30
4.2.4	Análisis estadístico	36
5	RESULTADOS Y DISCUSION	37
5.1	Modelamiento de la relación calibre y humedad con el contenido de aceite	37
5.1.1	Calibre	37
5.1.2	Humedad	38
5.1.3	Contenido de aceite (CA)	38
5.1.4	Relación Calibre - Humedad – Contenido de Aceite	38
5.1.5	Uso de la relación calibre-humedad-contenido de aceite como parámetro de selección de destino de producción de palta HASS	45
5.2	Elaboración de pulpa de palta HASS a partir de materia prima de descarte por bajo calibre	46
5.3	Evaluación de la calidad de la pulpa	49
5.3.1	Color instrumental	49
5.3.2	pH	68
5.3.3	Acidez titulable	76

5.4	Análisis sensorial	84
6	CONCLUSION	89
7	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	91

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición nutricional de la Palta HASS	7
Tabla 2: Clasificación de Palta HASS por calibre	8
Tabla 3: Producción de Palta HASS- Perú (2009-2013)	10
Tabla 4: Niveles de las variables independientes del delineamiento experimental (DCCR) 2 ² , incluyendo 4 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central.....	27
Tabla 5: Valores codificados y valores reales del Diseño Central Compuesto Rotacional 2 ²	28
Tabla 6: Escala hedónica de 9 puntos utilizada en el análisis sensorial	35
Tabla 7: Escala hedónica de 5 puntos para evaluar la intensidad de compra....	36
Tabla 8: Resultados de la determinación de humedad y contenido de aceite en palta	39
Tabla 9: Análisis de Varianza del modelamiento de la relacion calibre, humedad y contenido de aceite en palta HASS de descarte por bajo calibre	40
Tabla 10: Efectos estimados de los parámetros de calibre y humedad en el contenido de aceite en Palta HASS de descarte	41
Tabla 13: Rendimientos de la industrialización de la palta en diferentes cultivares	47
Tabla 14: Color de las muestras de pulpa de palta de acuerdo al diseño experimental (Día 0).....	50
Tabla 15: Color de las muestras de pulpa de palta de acuerdo al diseño experimental (Día 49).....	51
Tabla 16: Coeficientes de regresión para la respuesta de L* en el color de la pulpa de palta (Día 0).....	52

Tabla 17: ANOVA de la luminosidad (L^*) del color en la pulpa de palta (Día 0)	53
Tabla 18: Coeficientes de regresión para la respuesta de L^* en el color de la pulpa de palta (Día 49)	55
Tabla 19: ANOVA de la luminosidad (L^*) del color en la pulpa de palta (Día 49)	56
Tabla 20: Coeficientes de regresión para la respuesta de C^* en el color de la pulpa de palta (Día 0)	58
Tabla 21: Coeficientes de regresión para la respuesta de C^* en el color de la pulpa de palta (Día 49)	60
Tabla 22: ANOVA de la Cromacidad (C^*) del color en la pulpa de palta (Día 49)	60
Tabla 23: Coeficientes de regresión para la respuesta de h^* en el color de la pulpa de palta (Día 0)	63
Tabla 24: ANOVA del ángulo de tono (h^*) del color en la pulpa de palta (Día 0)	63
Tabla 25: Coeficientes de regresión para la respuesta de h^* en el color de la pulpa de palta (Día 49)	66
Tabla 26: ANOVA del ángulo de tono (h^*) del color en la pulpa de palta (Día 49)	66
Tabla 27: Evolución del pH en pulpa de palta Hass durante los 49 días de almacenamiento a (6°C)	69
Tabla 28: Coeficientes de regresión para la respuesta de pH en la pulpa de palta (Día 0)	71
Tabla 29: ANOVA de la respuesta del pH en la pulpa de palta (Día 0)	72

Tabla 30: Coeficientes de regresión para la respuesta de pH en la pulpa de palta (Día 49)	74
Tabla 31: ANOVA de la respuesta del pH en la pulpa de palta (Día 49)	74
Tabla 32: Evolución de la medida de acidez (% de ácido oleico) en pulpa de palta Hass durante los 49 días de almacenamiento a (6°C).....	77
Tabla 33: Coeficientes de regresión ajustados para el porcentaje de acidez en pulpa de palta Hass (Día 0)	79
Tabla 34: ANOVA de la respuesta de acidez (% ácido oleico) en la pulpa de palta (Día 0)	80
Tabla 35: Coeficientes de regresión ajustados para el % de acidez en pulpa de palta Hass (Día 49)	81
Tabla 36: ANOVA de la respuesta de acidez (% ácido oleico) en la pulpa de palta (Día 49)	82
Tabla 37: Tratamientos escogidos para la evaluación sensorial	84
Tabla 38: Puntaje obtenido por las muestras evaluadas en el análisis sensorial	85

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Palta HASS - Características Visuales	5
Figura 2: Acción de la PPO sobre los compuestos fenólicos.....	13
Figura 3: Frutos de palta Hass de descarte por bajo calibre del valle de Casma	19
Figura 4: Reactivos utilizados para los analisis de la pulpa de palta	21
Figura 5: Contraste de superficies de las Bolsas gofradas para sellado al vacío	21
Figura 6: Selección de la muestra de palta a utilizar	23
Figura 7: Muestras de palta rotuladas	24
Figura 8: Placas codificadas con muestras de palta laminada para determinar humedad	25
Figura 9: Determinación del contenido de aceite en la pulpa de palta por el método Soxhlet	25
Figura 10: Preparación de la muestra de palta con termómetro para escaldado	30
Figura 11: Muestras de los 11 experimentos de pulpa de palta	31
Figura 12: Determinación del color instrumental en pulpa de palta por el método CIELAB	31
Figura 13: Determinación del pH en pulpa de palta utilizando el medidor multiparámetros	33
Figura 14: Determinación de la acidez en pulpa de palta por titulación con NaOH 0.1N	33
Figura 15: Panelista durante la evaluación sensorial de las muestras de pulpa de palta.....	34

Figura 16: Muestras de aceite de pulpa de palta extraído por método Soxhlet	44
Figura 17: Muestra de palta durante las operaciones de corte, deshuesado y pelado.....	48
Figura 18: Muestra de pulpa de palta obtenida luego del envasado al vacío ...	49
Figura 19: Muestras seleccionadas para la evaluación sensorial	85

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1: Distribución de las muestras de palta Hass de descarte, de acuerdo a su contenido de aceite	46
Grafico 2: Regresión lineal de la relación Humedad- Contenido de Aceite en palta Hass de descarte por bajo calibre	40
Grafico 3: Dispersión de la relación calibre - contenido de aceite en pulpa de palta Hass de descarte por bajo calibre ¡Error! Marcador no definido.	
Grafico 4: Rendimientos obtenidos en el proceso de elaboración de pulpa de palta Hass a partir de materia prima de descarte por bajo calibre ...	47
Grafico 5: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro L^* del color de la pulpa de palta Hass en función del tiempo y temperatura de escaldado (Dia 0).	54
Grafico 6: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro L^* del color de la pulpa de palta Hass en función del tiempo y temperatura de escaldado (Dia 49).	57
Grafico 7: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro C^* del color de la pulpa de palta Hass en función del tiempo y temperatura de escaldado (Dia 49).	61
Grafico 8: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro h^* del color de la pulpa de palta Hass en función del tiempo y temperatura de escaldado (Dia 0).	64
Grafico 9: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro h^* del color de la pulpa de palta Hass en función del tiempo y temperatura de escaldado (Día 49).	67

Grafico 10: Evolución del pH en las muestra de palta Hass durante los 49 días de almacenamiento a (6°C).....	70
Grafico 11: Superficie de respuesta y curvas de contorno de la respuesta del pH en la pulpa de palta Hass en función del tiempo y temperatura de escaldado para el Dia 0 (a) y (b); y para el Día 49 (c) y (d).	76
Grafico 12: Evolución del pH en las muestra de palta Hass durante los 49 días de almacenamiento a (6°C).....	78
Grafico 13: Superficie de respuesta y curvas de contorno de la respuesta de la acidez (% de ácido oleico) en la pulpa de palta Hass en función del tiempo y temperatura de escaldado para el Dia 0 (a) y (b); y para el Día 49 (c) y (d).	83
Grafico 14: Resultados de la intensidad de compra de las muestras de pulpa de palta.....	88

INDICE DE ANEXOS

INDICE DE CUADROS

Cuadro A. 1: Datos y cálculos realizados para el modelamiento de la relación calibre, humedad y contenido de aceite en palta Hass de descarte por bajo calibre	105
Cuadro A. 2: Datos de la determinación del contenido de aceite en la pulpa de palta Hass en las muestras seleccionadas para la elaboración de la curva de calibrado.....	109
Cuadro A. 3: Color de las muestras de pulpa de palta de acuerdo al diseño experimental (Día 0).....	111
Cuadro A. 4:Color de las muestras de pulpa de palta de acuerdo al diseño experimental (Día 7).....	113
Cuadro A. 5: Color de las muestras de pulpa de palta de acuerdo al diseño experimental (Día 14).....	115
Cuadro A. 6: Color de las muestras de pulpa de palta de acuerdo al diseño experimental (Día 21).....	117
Cuadro A. 7: Color de las muestras de pulpa de palta de acuerdo al diseño experimental (Día 28).....	119
Cuadro A. 8: Color de las muestras de pulpa de palta de acuerdo al diseño experimental (Día 35).....	121
Cuadro A. 9: Color de las muestras de pulpa de palta de acuerdo al diseño experimental (Día 49).....	123

INDICE DE FIGURAS

Figura A. 1: Muestras de pulpa de palta- Colorimetría (Dia 0).....	112
Figura A. 2: Muestras de pulpa de palta- Colorimetría (Dia 7).....	114
Figura A. 3: Muestras de pulpa de palta- Colorimetría (Dia 14).....	116
Figura A. 4: Muestras de pulpa de palta- Colorimetría (Dia 21).....	118
Figura A. 5: Muestras de pulpa de palta- Colorimetría (Dia 28).....	120
Figura A. 6: Muestras de pulpa de palta- Colorimetría (Dia 35).....	122
Figura A. 7: Muestras de pulpa de palta- Colorimetría (Dia 49).....	124

1. INTRODUCCIÓN

Debido a su bajo peso o tamaño, entre el 5 a 20 % del volumen de producción de paltas a nivel nacional se destinan al descarte y /o venta en mercados locales (Agro Data Perú, 2009), donde estos frutos son vendidos a precios relativamente bajos disminuyendo la rentabilidad y ganancias de los productores (MINAG, 2015).

A pesar de la diferencia de tamaños, una palta de bajo calibre tiene los mismos componentes que una palta de tamaño normal, no obstante estudios demuestran que éstos pueden diferir cuantitativamente en base al clima, lugar y tipo de cultivo (Esteban, 1993; Caro, 1998; Arpaia *et al.*, 2004; Salazar-García *et al.*, 2011).

El contenido de aceite en palta, es considerado uno de los parámetros principales para la selección del destino final en paltas (Ortiz *et al.*, 2003). Los frutos con un alto contenido de aceite (mayor al 15%) suelen ser destinados a la extracción de aceite para uso cosmético, mientras que aquellos con menor contenido de aceite son destinados a la elaboración de pulpa (Jiménez *et al.*, 2004).

El calibre y la humedad son características cuya medición resulta sencilla y económica en comparación con la determinación del contenido de aceite, el cual genera un costo mayor, por el uso de solventes, y requiere la espera de un tiempo mayor para la obtención de sus resultados (Olaeta, 2003). Varios estudios afirman que la humedad y el contenido de aceite en palta son características que tienen una fuerte relación (Aguiló-Aguayo

et al., 2014; Ramos-Villaroel et al., 2014), otros mencionan que el calibre también puede ser incluido en esta relación (Woolf et al., 2013).

Por tanto es necesario establecer un modelamiento de la relación calibre y humedad con el contenido de aceite en paltas de bajo calibre, a fin de establecer un parámetro económico de selección que permita la separación de paltas destinadas a la extracción de aceite (15-20%) o a la elaboración de pulpa (menor al 15%).

Debido a que son cosechadas antes de tiempo, las paltas de descarte por bajo calibre suelen presentar un bajo porcentaje de aceite en su composición (<15%), por lo que los autores recomiendan la búsqueda de un valor agregado, mediante la elaboración de pulpa (Olaeta, 2003; Ortiz *et al.*, 2003).

La pulpa de palta es altamente perecedera debido a la presencia de enzimas que producen oscurecimiento rápido al entrar en contacto con el oxígeno del aire. El escaldado es un tratamiento que mezcla el uso de tiempos y temperaturas para desnaturalizar estas enzimas causantes del pardeamiento (Ortiz *et al.*, 2003).

Varios autores han determinado los parámetros de escaldado ideales para la producción de pulpa de palta HASS utilizando materia prima de alto calibre (calibre de exportación > 125g) (Palou *et al.*, 2000; Woolf et al., 2013), sin embargo, estos estimados son de poca utilidad cuando se utiliza palta de bajo calibre, ya que ésta al ser más pequeña posee un menor diámetro y por tanto su calentamiento es más rápido.

Es por ello que el presente estudio planeó la búsqueda de un modelo matemático que relacione las características de calibre, humedad y contenido de aceite en palta HASS de descarte por bajo calibre, para su uso como parámetro de selección para su destino en la elaboración de pulpa o extracción de aceite, asimismo se determinaron los parámetros óptimos de escaldado para la elaboración de pulpa.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Establecer un modelo matemático que relacione el calibre, la humedad y el contenido de aceite en palta HASS de descarte por bajo calibre, para su uso como parámetro de selección para su destino en la elaboración de pulpa o extracción de aceite.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar el calibre, humedad y contenido de aceite en una muestra de palta HASS de descarte por bajo calibre.
- Determinar un modelo matemático que relacione el calibre, humedad y contenido de aceite en palta HASS de bajo calibre.
- Determinar el destino de producción de la palta HASS de descarte por bajo calibre, utilizando el modelo matemático obtenido como parámetro de selección.
- Determinar los parámetros de escaldado óptimos para la elaboración de pulpa de palta HASS con materia prima de descarte por bajo calibre, utilizando un diseño compuesto central rotacional DCCR 2².

3. REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1 Palta HASS

La palta es un fruto originario de América central y sur de México (Yahia, 2012) que se caracteriza por ser rico en aceite (Gómez-López, 2002) y ácidos grasos insaturados (Ariza *et al.*, 2011; Donetti y Terry, 2014; Ferreyra *et al.*, 2016). Se trata de una baya de formas entre periforme y redonda, de color verde oscuro o en ocasiones morado oscuro (casi negro) dependiendo de la variedad y grado de madurez. Posee una pulpa consistente de diversos colores entre amarillos y verdes claros; con un contenido variable de fibra de acuerdo con la variedad a la que pertenece. Además, es rico en calorías, minerales y vitaminas. Tiene un tamaño promedio de 10 cm de largo y su diámetro máximo de unos 6 cm, aunque esto puede variar dependiendo de la variedad. (Chávez, 2010)



Figura 1: Palta HASS - Características Visuales

Fuente: MINAG (2008)

En la industria, se le utiliza para la fabricación de puré (pulpas y pastas) y en la extracción de su aceite (Takenaga *et al.*, 2008). Como puré sirve como guarnición de comidas, panecillos y galletas. El aceite

obtenido es empleado en la fabricación de cosméticos, jabones, cremas de belleza y aceites para masajes. Comúnmente, se consume de diversas formas, como ingrediente parte de ensaladas frescas en las comidas o como untado en el pan ya que tiene un sabor delicioso. (Chávez, 2010).

La pulpa contiene aproximadamente un 79% del aceite, el cual posee un 13.6% de ácidos grasos poliinsaturados (Takenaga *et al.*, 2008), por lo que se le considera un excelente alimento en cuanto a nutrición, además se ha descubierto que el aceite de palta tiene propiedades antioxidantes (Chávez, 2010)

La palta es una fruta muy apreciada por sus cualidades sensoriales y nutritivas, pero altamente perecedera (Weemaes *et al.*, 1998; Xiufang *et al.*, 2015) por lo que requiere de un manejo adecuado de frío para su conservación pos-cosecha. (FAO, 1990; Mendieta *et al.*, 2016). El procesamiento de esta fruta presenta ciertos obstáculos como el pardeamiento enzimático, el deterioro microbiológico y generación de olores y sabores extraños como el resultado de la aplicación de tratamientos térmicos factores que limitan la conservación de la palta mediante la aplicación de métodos tradicionales que se ha aplicado a otras frutas. (Cornejo, 2010)

3.1.1 Composición y características

La palta posee valiosísimas propiedades alimenticias por su alto contenido de aceite (de 12 a 30%) y proteínas (de 1,2 a 1,8%), además de su contenido de hidratos de carbono, vitaminas y

minerales. La siguiente tabla detalla la composición química de la palta Hass:

Tabla 1: Composición nutricional de la Palta HASS

Componentes	Palta Hass
Agua (%)	74.6
Grasa (%)	20.6
Proteínas (%)	1.8
Fibra (%)	1.4
Cenizas (%)	1.2
Ácido Ascórbico (mg)	11
Niacina (mg)	1.9
Vitamina B6 (mg)	0.62
Potasio (mg)	480
Fosforo (mg)	14
Magnesio (mg)	23

Fuente: Conafrut. 1997 y Nagalimgam J.C. 1993

3.1.2 Clasificación según calibre

Para la Norma Codex Alimentarius (1995) las paltas se pueden clasificar por calibres mediante el siguiente cuadro:

Tabla 2: Clasificación de Palta HASS por calibre

Código de Calibre	Peso (g)
2	> 1220
4	781 – 1220
6	576 – 780
8	456 – 576
10	364 – 462
12	300 – 371
14	258 – 313
16	227 – 274
18	203 – 243
20	184 – 217
22	165 – 196
24	151 – 175
26	144 – 157
28	134 – 147
30	123 – 137
32	80 – 123 (solo para variedad Hass)

Fuente: CODEX STAND 1997, (1995)

La palta HASS, también puede ser calibrada de acuerdo al número de frutos por caja (peso de 4 kilogramos para el mercado europeo-U.E.). Las paltas de calibre C12 al C18 son las mayormente demandadas (y exportadas) al mercado europeo, como puede comprobarse en el siguiente caso (MINAG, 2015).

3.1.3 Índice de madurez y contenido de aceite

La palta (*Persea americana Mill.*) presenta durante su desarrollo en el árbol, un incremento en el contenido de aceite y una disminución en su porcentaje de humedad, lo que es utilizado como índice de madurez (Ibar, 1986; Olaeta *et al.*, 1986; Olaeta y Undurraga 1995a; Kruger *et al.*, 1995), ya que existe un alto grado de correlación entre ambos (Olaeta y Undurraga, 1995a; Kader y Arpaia, 2007).

Esteban (1993), estimó el contenido de aceite a través de la humedad para algunos cultivares de paltas, determinando la siguiente ecuación de regresión para el cultivar Hass: % aceite = $53,4838 - 0,5767 * (\% \text{ de humedad})$.

3.1.4 Producción nacional

Las características agroecológicas de la costa peruana, valles interandinos y ceja de selva, ofrecen excelentes condiciones para su producción; es posible producir todo el año, siendo una ventaja competitiva que la mayor concentración de cosechas coincide con la ventana de exportación a países del hemisferio norte. Nuestros productores serán más competitivos en la medida que hagan uso de los paquetes tecnológicos validados,

las buenas prácticas agrícolas, bajen costos de producción a través de la asociatividad y con ello logren la apertura de nuevos mercados, así como consolidarse en los ya ganados (MINAG, 2008).

La superficie cosechada de palta en el Perú durante el periodo 2009-2013 ha experimentado un gran crecimiento, llegando a duplicarse, pasando 16292ha (2009), a 288853 ha (2013; igual comportamiento tiene la producción con incrementos cada vez mayores hasta alcanzar 288 853 toneladas en el año 2013, con tasa de crecimiento anual de 16.39 % (MINAG, 2015; ProHass, 2015).

Tabla 3: Producción de Palta HASS- Perú (2009-2013)

Año	Producción (T)	Superficie Cosechada (ha)	Rendimiento (Kg/ha)	Precio en Chacra (S/./Kg)
2009	157415	16292	9662	1.55
2010	184370	17750	10387	1.68
2011	213662	19339	11048	1.76
2012	268525	23642	11358	2.05
2013	288853	25750	11217	1.85
Tasa de Crecimiento	16.39 %	12.12%	3.8%	4.49
Promedio				

Fuente: OEEE – MINAG, (2016).

Los rendimientos también han ido aumentando al pasar los años, el último dato obtenido en el año 2013 mostro un rendimiento de 11 217 kg/ha, pero se puede considerar en la actualidad que el rendimiento promedio nacional está alrededor de los 10 000 kg/ha. Los precios en chacra vienen mostrando una tendencia positiva en los últimos años, tal como se observa en la tabla N° 3 en la cual se muestran los datos de superficie cosechada, producción, rendimiento y precios en chacra para el periodo 2009 -2013.

3.1.5 Industrialización

Debido a los incrementos en los volúmenes de producción de palta, es muy importante incentivar su industrialización para darle un uso alternativo a los descartes de exportación y evitar una sobre oferta en el mercado nacional (Schwartz *et al.*, 2008).

La palta es un fruto que se caracteriza por sus variados usos, tanto a nivel alimenticio como farmacéutico y cosmetológico. La industrialización de ésta como puré congelado ha obtenido buenos resultados, ya que sirve de base para productos untables, además de servir como componente del guacamole, producto típico de consumo habitual en México (Huget y Kaplaner, 1984; Carballo, 1982).

Grades volúmenes de este fruto, son destinados al descarte por su pequeño tamaño, por lo que se requiere incentivar su consumo a nivel nacional y posible exportación, buscando nuevas alternativas de conservación, ya que, una de las

desventajas del producto son las alteraciones bioquímicas que sufre durante el almacenamiento.

3.2 Pardeamiento enzimático

Uno de los principales problemas en el proceso de industrialización de la palta como pulpa es el pardeamiento enzimático, el cual altera la apariencia del producto produciendo cambios en el aroma y en el sabor (Kiger *et al.*, 1980; Agudelo, 1993).

El pardeamiento enzimático es la transformación de compuestos fenólicos en polímeros coloreados, frecuentemente de colores pardos o negros los cuales son denominados melaminas (Cheftel y Cheftel, 1992; Suarez *et al.*, 2009).

Para que se produzca el pardeamiento enzimático oxidativo es necesaria la presencia de tres componentes: oxígeno, enzima y substrato oxidable como tirosina, catecol, ácido gálico, hidroquinonas, antocianos y flavonoides, entre otros. La ausencia o inactivación de uno de estos componentes, evitará el oscurecimiento enzimático y producción de características indeseables en el producto (Schmidt-Hebbel, 1981).

Este proceso también puede ser catalizado por varios factores, entre los mas frecuentes están: el daño mecánico en el transporte del fruto, el pelado, el corte, los golpes y el pulpeado (Schmidt-Hebbel, 1981).

3.2.1 Enzima polifenoloxidasa (PPO)

La polifenoloxidasa (PPO o PFO), es una proteína cúprica que cataliza la oxidación de compuestos fenólicos a

quinonas, éstas a su vez prosiguen su oxidación con ayuda del oxígeno del aire sobre el tejido del fruto hasta formar compuestos oscuros (cafés o negros) de tipo melanoide, por polimerización (Schmidt-Hebbel, 1981).

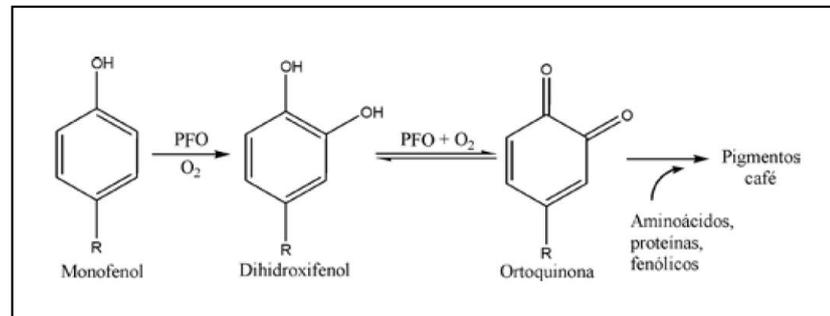


Figura 2: Acción de la PPO sobre los compuestos fenólicos

Fuente: Garcia *et al.*, 2006.

La PPO se localiza en los plastidios de tejido “sano” y la mayoría de los compuestos fenólicos se ubican en la vacuola, aislados de ella. Aparentemente, la PPO se encuentra en estado latente y es activada con el daño celular reaccionando con los fenoles liberados de la vacuola produciendo el pardeamiento enzimático (Vaughn y Duke, 1984).

De acuerdo a los resultados obtenidos por Opazo *et al.* (2003), los tejidos de paltas cv. Hass sin daño fisiológico y en estado de madurez más avanzado, presentan una mayor actividad de la PPO. Asimismo, afirmó que los tejidos con daño fisiológico presentaron siempre mayor actividad de la enzima polifenoloxidasa que el tejido sano. Señala, además, que la concentración de fenoles (sustratos de la PPO) se

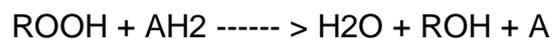
incrementó en la medida que los frutos de cv. Hass presentan mayor madurez.

3.2.2 Enzima peroxidasa (PO)

Las peroxidasas se encuentran presentes en todos los vegetales superiores, que han sido investigados, y en los leucocitos. Poseen un grupo prostético hemo (ferriprotoporfirina), no obstante, también pueden utilizar otros grupos (Richardson y Hyslop, 1993).

Esta enzima es capaz de oxidar los substratos fenólicos a quinonas, pudiendose encontrar en paltas con síntomas severos de pardeamiento de pulpa una mayor actividad enzimática (Van Lelyveld *et al.*, 1984).

Catalizan la siguiente reacción:



Según esta reacción el peróxido estaría siendo reducido, junto con esto resulta oxidado un donador de electrones (AH₂), el ascorbato, los fenoles, las aminas y otros compuestos orgánicos, serían los responsables de dicha oxidación. El producto de ésta posee en muchos casos una coloración intensa, la cual es usada para la determinación colorimétrica de la actividad de dicha enzima (Richardson y Hyslop, 1993).

No obstante, es posible inhibir el efecto de las enzimas anteriormente señaladas, para lo cual existen diversos

mecanismos, como el escaldado, la eliminación del oxígeno, evitar daños en el tejido, entre otros.

3.3 Prevención del pardeamiento enzimático

Existen varias formas de evitar el pardeamiento enzimático en la palta, la gran mayoría apuntan a inhibir la enzima o a eliminar el oxígeno, ya que sobre el substrato oxidable no es posible actuar (Schmidt-Hebbel, 1981; Desrosier, 1993).

3.3.1 Escaldado

El control enzimático es obtenido fácilmente, destruyendo las enzimas mediante un corto tratamiento térmico previo a la congelación y el almacenamiento. Casi todas las enzimas son destruidas irreversiblemente calentándolas a 79°C por algunos minutos (Desrosier, 1993).

El escaldado es un calentamiento de corta duración, que tiene como objetivo inactivar las enzimas, de modo que éstas detengan su actividad metabólica y cese la degradación del alimento (Jiménez et al., 2004; Fernández, 2007).

Para Ortiz *et al.* (2003), las condiciones mínimas de operación para desactivar la PPO son 73°C durante 10 minutos, y las condiciones máximas de operación son 85°C durante 4,6 minutos. Este mismo autor concluye que a mayor tiempo de tratamiento térmico, la velocidad de degradación del color verde se incrementa, presentando un oscurecimiento enzimático significativo cuando se somete a 80°C o más.

Es típico el escaldado de productos vegetales antes de su almacenamiento en frío, ya que de esta forma se impide el desarrollo de olores y sabores extraños, prolongando la vida útil del alimento (Fernández, 2007). El escaldado debe realizarse en el intervalo de 60°C a 100°C. Siendo típicos los procesos a temperaturas de 80°C durante unos minutos.

La correcta determinación requiere de la realización de pruebas empíricas y de la evaluación del producto escaldado por paneles sensoriales (Fernández, 2007).

Según Desrosier (1993), enzimas como la peroxidasa puede ser reactivada después del calentamiento, puesto que ésta es capaz de soportar temperaturas de 85°C.

A pesar de que resulta eficaz la inactivación de enzimas por el calor en frutas que se almacenan o mantienen en estado crudo por refrigeración o congelación, puede modificar los caracteres organolépticos del producto (Cheftel y Cheftel, 1992). Por esto Olaeta (1991), indica que al utilizar métodos que implican altas temperaturas como forma de conservación, se debe cuidar de mantener el sabor y aroma que posee la fruta. Para lograr este objetivo se deben utilizar de preferencia tratamientos con altas temperaturas por períodos de tiempo corto.

3.3.2 Sellado al vacío

La eliminación del oxígeno en el envasado es otra medida que se utiliza para evitar el pardeamiento enzimático, los estudios

demuestran que este método ayuda a conservar mejor el sabor y aroma del producto (Schmidt-Hebbel, 1981).

Los estudios también revelan que para trabajar con este método de conservación, es importante trabajar rápido y evitar la exposición de la pulpa al ambiente por mucho tiempo, ya que esto retrasa la vida útil del producto (Desrosier, 1993). Asimismo, se debe de asegurar que no existan deficiencias en el sellado (Agudelo, 1993).

Para el envasado de palta Hass, Olaeta y Undurraga, 1995 recomiendan un sellado al vacío del 40%; por otro lado Agudelo (1993) recomienda el uso de envases de polietileno especiales para este tipo de sellado, ya que los materiales del sellado al vacío son impermeables al oxígeno y por tanto conservan mejor las características de la pulpa de palta (Arata y Yunisic, 1993).

3.4 Conservación de los alimentos por frío: Refrigeración

El uso del frío como medio de conservación de los alimentos se basa en la disminución de la temperatura, de tal manera desacelera la velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas del producto, así como las reacciones metabólicas celulares, conservando la calidad del producto por más tiempo (Schmidt-Hebbel, 1981; Cheftel *et al.*, 1992).

La refrigeración utiliza el descenso de la temperatura para prolongar el período de conservación de los alimentos. Al bajar la temperatura, se produce una detención del proceso evolutivo del producto frutícola,

interfiriendo directamente en los procesos de maduración así como la actividad microbiana (Herrero y Guardia, 1992). En la refrigeración la temperatura del producto se mantiene baja pero mayor a 0°C, lo que alarga la vida útil de los alimentos frescos o elaborados, detiene reacciones enzimáticas y químicas (oxidación, fermentación, desnaturalización de proteínas), permite controlar la pérdida de calidad de los alimentos, pero conserva el alimento sólo a corto plazo. Esto último se presenta como una desventaja frente a la congelación, la cual permite conservación de los alimentos a largo plazo, aumentando la vida útil y manteniendo la calidad de los mismos (Rodríguez, 2008).

4 MATERIALES Y METODOS

4.1 Materiales y Equipos

4.1.1 Materia Prima

Para la realización del presente estudio se utilizaron 50 Kg de Palta Hass, de descarte (peso $\leq 125g$) por bajo calibre, provenientes de los valles de Casma, departamento de Ancash, cosechados en el mes de Junio del 2016.



Figura 3: Frutos de palta Hass de descarte por bajo calibre del valle de Casma

4.1.2 Materiales

Para la elaboración de pulpa y análisis de los tratamientos fueron necesarios los siguientes materiales:

- Matraz Erlenmeyer 50, 100, 150 ml
- Fiola 1 Lt
- Probeta 100 ml
- Placas Petri
- Termómetro
- Cronometro

- Bureta
- Vaso precipitado 100ml
- Espátula metálica
- Papel filtro
- Cuchillo
- Pizeta
- Cubetas
- Coladores
- Tabla para picar
- Papel toalla

4.1.3 Reactivos

Para los análisis realizados en el presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes reactivos químicos.

- Eter de petróleo
- Hidroxido de Sodio
- Buffer 4.01
- Buffer 7.01
- Buffer 9.01



Figura 4: Reactivos utilizados para los análisis de la pulpa de palta

4.1.4 Material de empaque

Para el envasado de la pulpa de palta se utilizaron bolsas de Poliamida+Polietileno gofradas (superficie delantera lisa y parte trasera rugosa o estriada) de 7 x 15 cm y 90 micras de espesor, las cuales son especiales para el envasado al vacío.

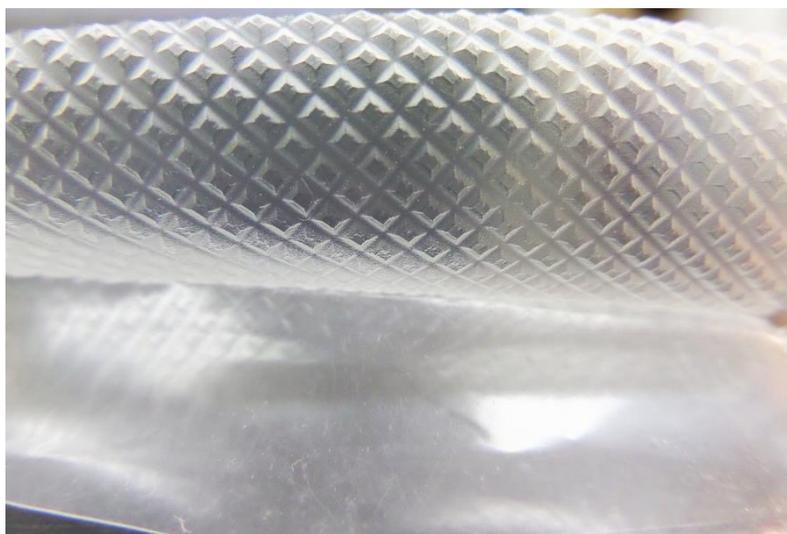


Figura 5: Contraste de superficies de las Bolsas gofradas para sellado al vacío

4.1.5 Equipos

- **Esterilizadora Digital A Calor Seco (ESTUFA)**, MARCA: Poleko
Aparatura / MODELO: SLN 115 STD INOX-G / PROC: Polonia
- **Medidor De Ph Y Conductividad**, MARCA: THERMO
SCIENTIFIC / MODELO: ORION STAR A211 / PROC:
SINGAPUR
- **Sistema Extractor De Grasa**, MARCA: FOSS / MODELO:
SOXTEC / PROC: CHINA
- **Balanza Analítica**, MARCA: PRECISA / MODELO: LX220A /
PROC: SUIZA
- **Equipo De Baño María**, MARCA: COLE PARMER / MODELO:
8892
- **Procesador de Alimentos**, MARCA: PHILIPS / MOD: HR7778/00
/ PROC: KOREA
- **Selladora al vacío**, MARCA: LYC / MOD:LYC-01 / PROC:
CHINA
- **Colorímetro digital**, MARCA: KONICA MINOLTA / MOD: CR-
400T
- **Cámaras de refrigeración (6°C)**

4.2 Métodos

4.2.1 Modelamiento de la relación calibre y humedad con el contenido de aceite

4.2.1.1 Selección y acondicionamiento de los frutos

De los 50 Kg de palta (población), se seleccionaron 63 paltas (muestra) de diferentes tamaños y diferentes estadios de madurez (verdes, maduras y sobre-maduras).



Figura 6: Selección de la muestra de palta a utilizar

Posteriormente, los frutos fueron lavados y desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio (100ppm), para su posterior uso.

4.2.1.2 Calibre

Para determinar su calibre de acuerdo con lo establecido por el CODEX ALIMENTARIUS (1995) (ver Tabla 2), cada muestra fue pesada en balanza gramera y codificada para su posterior análisis.



Figura 7: Muestras de palta rotuladas

4.2.1.3 Humedad

Para determinar la humedad del fruto, la pulpa (de diferentes estadios de madurez) fue laminada, colocándose una muestra de 20g en estufa a 70°C por 72 horas, hasta llegar a peso constante (Horwitz, 1970).

Este procedimiento se hizo por duplicado por cada muestra y en un solo batch.

La siguiente ecuación se utilizó para determinar la humedad final de las muestras:

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{(\text{peso humedo} - \text{peso seco de la muestra}) * 100}{\text{Peso humedo}} \quad (\text{Ec. 1})$$



Figura 8: Placas codificadas con muestras de palta laminada para determinar humedad

4.2.1.4 Contenido de aceite

Para determinar el contenido de aceite se utilizó 5g de muestra pulverizada (de la pulpa deshidratada donde se determinó la humedad previamente). El método de extracción utilizado fue Soxhlet, teniendo como solvente éter de petróleo (90 °C) durante 2 horas de calentamiento a reflujo, este procedimiento se realizó por duplicado por cada punto de la curva de calibrado.



Figura 9: Determinación del contenido de aceite en la pulpa de palta por el método Soxhlet

Para el cálculo del contenido de aceite, en base al peso fresco del fruto, se usó la siguiente fórmula (Lee, 1981; Swarts, 1976):

$$\% \text{ Aceite P.F} = \frac{EE \cdot (100 - \text{porcentaje de humedad})}{\text{gramos de materia seca}} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

% Aceite P.F: % de aceite del fruto en base peso fresco.

EE : Peso del aceite extraído de la muestra deshidratada (extracto etéreo).

Porcentaje de humedad: Porcentaje de humedad de la pulpa.

Gramos de materia seca: Gramos de pulpa seca a la que se le extrae el aceite.

4.2.2 Elaboración de pulpa de palta HASS a partir de materia prima de descarte por bajo calibre

4.2.2.1 Diseño experimental

Se realizó un diseño factorial completo 2^2 , considerando como variables independientes el tiempo y temperatura de escaldado. Para investigar el efecto del tiempo y temperatura de escaldado en las características fisicoquímicas y sensoriales de la pulpa de palta utilizando frutos de bajo calibre, se aplicó un Diseño estadístico Compuesto Central Rotacional (DCCR) (Rodriguez y Lemma, 2006).

Los niveles variaron en $-\alpha$, -1 , 0 , $+1$, $+\alpha$, encontrándose los valores reales en la Tabla 4.

Tabla 4: Niveles de las variables independientes del delineamiento experimental (DCCR) 2^2 , incluyendo 4 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central

Variables		Niveles				
Independientes		-α	-1	0	+1	+α
Tiempo (minutos)	X_1	0	3,5	5	8,5	10
Temperatura (°C)	X_2	65	68	75	82	85

$\alpha = (2^n)^{1/4}$ (Rodrigues y Lemma, 2005)

$\alpha = 1.4142$ para 2 variables independientes

Se realizaron 11 ensayos con 4 puntos factoriales (combinación de los niveles -1 y +1), 4 puntos axiales (una variable en el nivel $\pm\alpha$ y la otra en 0), y tres repeticiones del punto central (las dos variables en el nivel 0). La Tabla 5 presenta el planeamiento experimental utilizado.

La elaboración y análisis de los experimentos se hizo en 2 días, y fueron escogidos aleatoriamente por sorteo, a excepción de los puntos centrales que fueron distribuidos para ambos días.

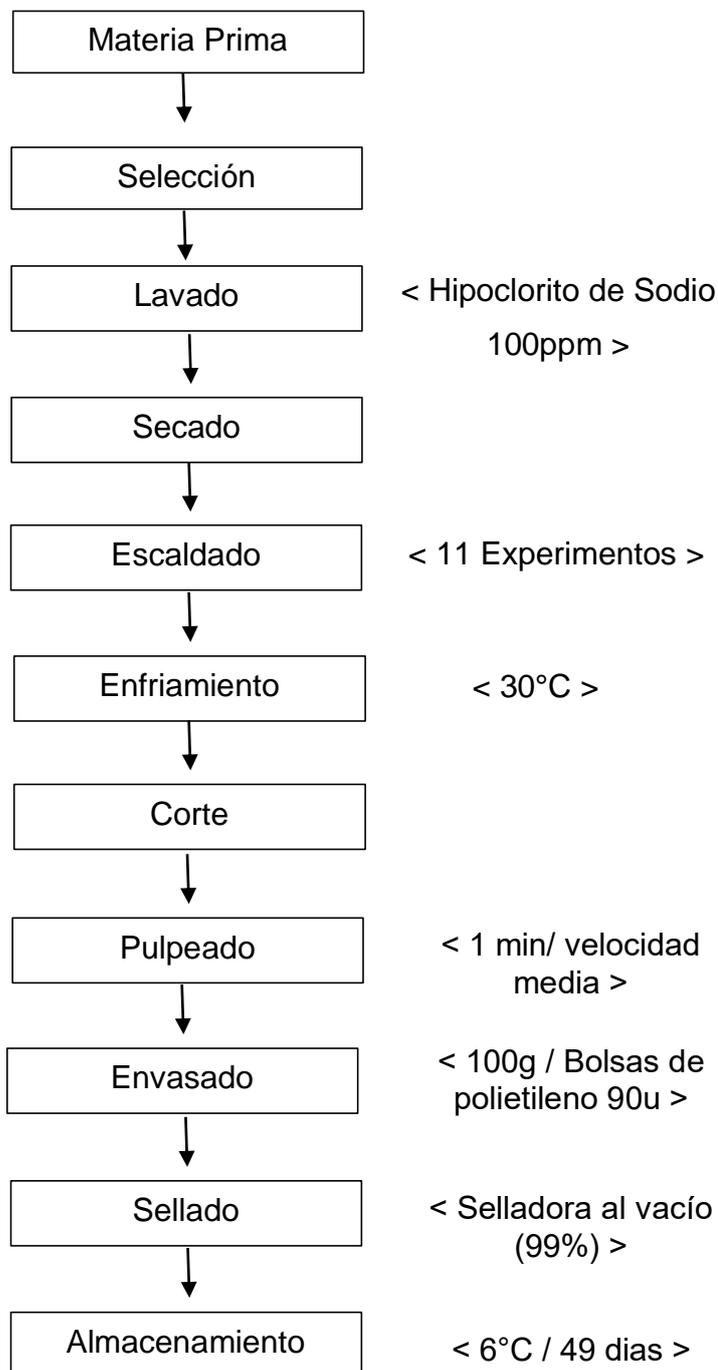
Tabla 5: Valores codificados y valores reales del Diseño Central
Compuesto Rotacional 2².

Experimento	VALORES CODIFICADOS		VALORES REALES	
	X ₁	X ₂	Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)
F1	-1	-1	1,5	68
F2	+1	-1	8,5	68
F3	-1	+1	1,5	82
F4	+1	+1	8,5	82
F5	- α	0	10	75
F6	α	0	0	75
F7	0	- α	5	65
F8	0	α	5	85
F9	0	0	5	75
F10	0	0	5	75
F11	0	0	5	75

4.2.2.2 Elaboración de la pulpa

Para la elaboración de la pulpa se seleccionaron muestras de palta maduras (estadio 3) y se procedió según la marcha planteada por Vildósola, (2008):

Flujograma del proceso de elaboración de pulpa de palta



4.2.2.3 Tratamiento térmico: Escaldado

El escaldado se realizó mediante aplicación de calor por inmersión directa de la fruta entera con piel en agua caliente. En cuanto al tiempo de escaldado, se colocó un termómetro en el centro de uno de los frutos y se contó desde que la pulpa central llegó a la temperatura del experimento.



Figura 10: Preparación de la muestra de palta con termómetro para escaldado

4.2.3 Evaluación de calidad de la pulpa

La evaluación se realizó cada 7 días por 49 días. Para ello se recogían las muestras de la cámara de refrigeración, para luego realizar por triplicado el análisis de los parámetros fisicoquímicos (color, pH, acidez titulable) y de parámetros sensoriales mediante un panel sensorial.



Figura 11: Muestras de los 11 experimentos de pulpa de palta

4.2.1.1 Color instrumental

Para la determinación del color instrumental se utilizó el colorímetro Konica Minolta CR-400, cuyos valores se expresan en Hunter L^* , a^* , b^* , donde L^* corresponde a la luminosidad, a^* y b^* son coordenadas de cromaticidad ($-a$ = verde y $+a$ = rojo; $-b$ = azul y $+b$ = amarillo).

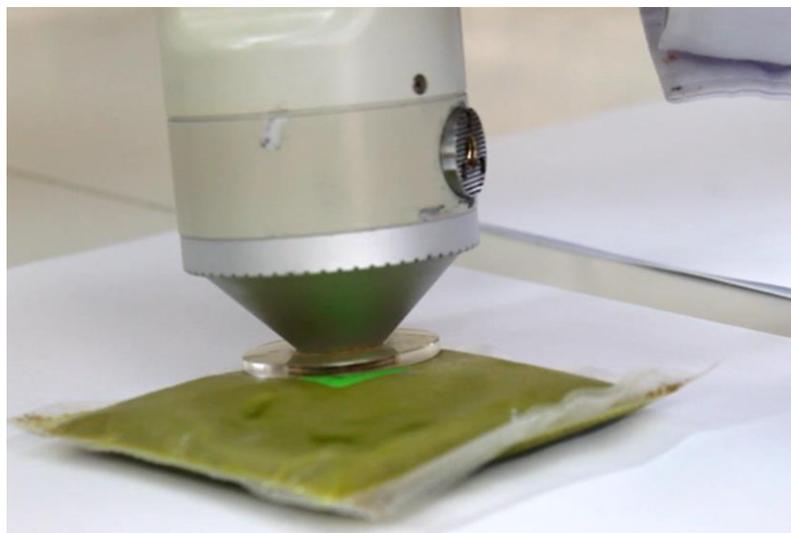


Figura 12: Determinación del color instrumental en pulpa de palta por el método CIELAB

Antes de iniciar el análisis el equipo se calibró en una placa blanca patrón ($Y=93.5$; $x=0.3164$; $y=0.3325$). Para cada lectura se tomó una bolsa de cada tratamiento y sobre ella se midió el color en tres puntos distintos (McGuire, 1992).

Con los datos obtenidos, se calcularán las medias y desviación estándar de los parámetros L^* , a^* y b^* . Asimismo, se determinará la cromacidad o índice de saturación (C^*), el ángulo de tonalidad (h^*) y la diferencia total del color (ΔE^*). El valor de C^* es 0 en el centro y aumenta de acuerdo con la distancia del centro. El valor de h^* se expresó en grados, donde 0° corresponde a $-a^*$ (rojo), 90° corresponde a $+b^*$ (amarillo), 180° corresponde a $-a^*$ (verde) y 270° corresponde a $-b^*$ (azul).

Para el cálculo de estos parámetros se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$C^* = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2} \quad \text{(Ec. 3)}$$

$$h^* = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad \text{(Ec. 4)}$$

4.2.1.2 pH

Éste se midió con el pH- metro electrónico marca SCHOTT, en forma directa sobre una solución homogénea de 10 g de pulpa al cual se le agregó 50 ml de agua destilada (Vildósola, 2008).



Figura 13: Determinación del pH en pulpa de palta utilizando el medidor multiparámetros

4.2.1.3 Acidez Titulable

Al igual que las muestras para el análisis de pH, se pesaron 10 g de pulpa de palta posteriormente se agregó 50 ml de agua destilada. Para determinar la acidez se tituló con una solución de NaOH 0,1 N hasta llegar a un pH de 8,2.



Figura 14: Determinación de la acidez en pulpa de palta por titulación con NaOH 0.1N

Los resultados fueron expresados en gramos de ácido oleico por 100mL de muestra (AOAC, 1990), según la siguiente formula:

$$\% \frac{p}{v} \text{ de ácido oleico} = \frac{N \times V \times Meq \times 100}{Vol} \quad (\text{Ec.4})$$

Donde:

N = Normalidad NaOH

V = Volumen de solución de NaOH empleado (ml)

Meq: Miliequivalentes del ácido oleico = 0,282

Vol = Volumen de la muestra (ml)

4.2.1.4 Análisis sensorial: aceptabilidad

Para este estudio se convocaron 40 panelistas no entrenados, conformados por estudiantes y trabajadores de la Universidad Nacional del Santa, fueron 18 varones y 22 mujeres entre 19 y 28 años de edad. A cada panelista se ofrecieron cuatro muestras (tres elegidas con los mejores resultados en el análisis fisicoquímico, más un patrón sin tratamiento) untadas en pan de molde blanco en un plato descartable, y un vaso con agua.



Figura 15: Panelista durante la evaluación sensorial de las muestras de pulpa de palta

La ficha de evaluación aplicada (ver Anexo) se dividió en dos partes: en la primera, los panelistas evaluaron cuatro características sensoriales (olor, sabor, color y textura) utilizando una escala hedónica de 9 puntos, según se detalla en la Tabla 6 (Meiselman y Schutz, 2003); en la segunda parte, se evaluó la intensidad de compra utilizando una escala hedónica de 5 puntos según Tabla 7.

Tabla 6: Escala hedónica de 9 puntos utilizada en el análisis sensorial

Puntaje	Calificación
1	Me disgusta muchísimo
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta bastante
4	Me disgusta ligeramente
5	Ni me gusta, ni me disgusta
6	Me gusta ligeramente
7	Me gusta bastante
8	Me gusta mucho
9	Me gusta muchísimo

Tabla 7: Escala hedónica de 5 puntos para evaluar la intensidad de compra

Puntaje	Calificación
1	No lo compraría
2	Posiblemente no lo compraría
3	Tal vez lo compraría
4	Posiblemente lo compraría
5	Sí lo compraría

4.2.4 Análisis estadístico

Los datos obtenidos en el modelamiento de la relación calibre, humedad y contenido de aceite, así como del diseño experimental en la evaluación de calidad de la pulpa de palta fueron analizados según la metodología de Superficie de Respuestas, utilizando el programa STATISTICA 12.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). Los resultados fueron analizados mediante el test p (grado de significancia estadística), después se realizó el análisis de varianza del modelo (ANOVA). Finalmente, a partir de la ecuación de regresión obtenida se obtuvo el gráfico tridimensional de superficie de respuesta y curvas de contorno para cada análisis.

5 RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Modelamiento de la relación calibre y humedad con el contenido de aceite

En el Anexo 1 se muestra la tabla con los resultados obtenidos en la determinación del calibre, %Humedad y %Contenido de aceite en las muestras de palta Hass del presente estudio.

5.1.1 Calibre

Las muestras de palta seleccionadas para los análisis se encontraron en un rango de peso entre $< 44.05\text{g}-104.86\text{g} >$ (Anexo 1). La norma del CODEX STAN 197 (1995) fija un peso mínimo de 123g para la exportación de palta Hass; por otro lado, Ataucusi (2015) considera un peso mínimo de 125g para su comercio. Por lo tanto, en esta investigación, se utilizó una muestra de paltas de descarte al 100%, con pesos muy por debajo del comercial.

Estudios indican que el calibre en paltas es una característica que depende de factores como el clima, altura del árbol (Muñoz, 2004; Jaque, 2008), tiempo de floración, tipo de riego (Saavedra, 2000), uso de fertilizantes (Palacios y Razeto, 2005), tiempo de espera para la cosecha (Gardiazabal, 2004), entre otros.

Algunas investigaciones afirman que el calibre no es un factor significativo en el comercio y preferencia del mercado extranjero (Troncoso *et al.*, 2008). No obstante, las empresas nacionales clasifican las paltas según calibre (peso) y exportan las de mayor tamaño debido que resultan más rentables para los destinos

como la Unión Europea (UEA) o los Estados Unidos (EUA) que son los principales demandantes de este fruto (Olaeta, 2003; Gardiazabal, 2004).

5.1.2 Humedad

En cuanto al porcentaje de humedad de las muestras, se encontraron en un rango de $< 61.0653\% - 85.3732\% >$ (Anexo I). Según CODEX STAN 197-2005 para la cosecha de paltas, recomienda recolectar los frutos cuando estos presenten un 80% de humedad o menos, por lo tanto trabajamos con paltas en su mayoría dentro de lo normado, ya que el 96% de nuestras muestras presentan humedades por debajo del 80%.

5.1.3 Contenido de aceite (CA)

Olaeta et al., (2007) afirma que el CA en palta es un indicador altamente importante en la toma de decisión de destino de producción de derivados del fruto. Este autor señala que los frutos del cv. Hass con CA entre 8.83% y 13.37% son los más aptos para la producción de pulpa de palta o elaboración de pastas.

Para Martínez (1984) el CA es una característica predictiva del sabor de la palta. Su estudio concluye que los frutos cv. Hass con un CA superior al 15% poseen el mejor sabor, y los inferiores solo un sabor agradable.

5.1.4 Relación Calibre - Humedad – Contenido de Aceite

En la tabla 8 se muestran los resultados obtenidos en la determinación de la humedad y contenido de aceite de las

muestras seleccionadas de palta, con los cuales se realizó el modelamiento de la relación de las tres variables para la obtención del modelo matemático.

Es importante destacar que para la selección de los resultados, que se incluyeron en el modelamiento, se tuvo en cuenta que los puntos tuvieran variaciones significativas en el calibre, humedad y contenido de aceite.

Tabla 8: Resultados de la determinación de humedad y contenido de aceite en palta

Muestra	Peso (g)	Humedad %	Contenido de aceite (%)
1	89.10	74.6288	7.8621
5	90.60	85.2923	1.0887
7	96.41	79.6867	4.6738
11	92.54	77.7541	5.7845
14	84.14	75.9817	6.6991
18	76.54	72.4652	9.0000
24	86.38	82.5806	2.7992
41	91.42	69.7284	10.7167

Para realizar la regresión de los datos obtenidos para la obtención del modelo matemático, primero se realizó un ANOVA (Tabla 9):

Tabla 9: Análisis de Varianza del modelamiento de la relación calibre, humedad y contenido de aceite en palta HASS de descarte por bajo calibre

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F_{cal}
Regresión	12.1127	5	12.1128	526.0720
Residuos	0.04605	2	0.02302	
Total	71.32596	7		

Al ser $F_{cal} > F_{tab}$ (5.786) se puede afirmar que existe relación una relación entre estos parámetros con un $R^2=0.99935$ y por tanto es posible establecer un modelo matemático que relacione a estos tres parámetros.

En la Tabla 10 se muestran los coeficientes de regresión obtenidos para la elaboración de la ecuación completa del modelo.

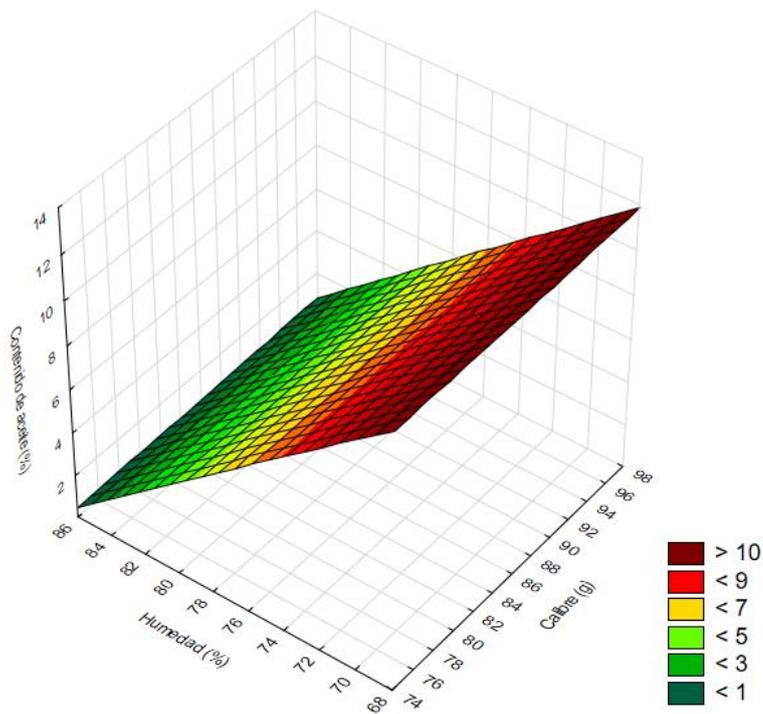
Tabla 10: Efectos estimados de los parámetros de calibre y humedad en el contenido de aceite en Palta HASS de descarte

	Coefficientes de regresión	Error Estándar	t	Valor-p
Media	5.90732	0.101254	58.3418	0.000294
Calibre (L)	0.18679	0.395210	0.4726	0.683034
Calibre (Q)	0.03864	0.667515	0.0579	0.959103
Humedad (L)	-9.66146	0.421337	-22.9305	0.001896
Humedad (Q)	-0.05320	0.284132	-0.1872	0.868759
Calibre x Humedad	0.06876	1.049086	0.0655	0.953706

Se observó que la humedad (L) es el parámetro que guarda la relación más estrecha con el contenido de aceite, la cual es inversamente proporcional debido a que su coeficiente es negativo (-9.66); el calibre y la interacción calibre x humedad no guardan relación tan estrecha con el contenido de aceite dado que para ellos $p > 0.05$.

A continuación se presentan el gráfico (Gráfico 2) y la ecuación completa (modelo matemático) que describen el comportamiento de estos tres parámetros.

Grafico 1: Superficie de modelamiento de la relación calibre, humedad y contenido de aceite en palta HASS de descarte por bajo calibre



Ecuación Completa del modelo:

$$\%CA = 5.907 + 0.187(Cal) + 0.039(Cal)^2 - 9.661(\%H) - 0.053(\%H)^2 + 0.069(Cal)(\%H)$$

Como se puede observar en la ecuación, los coeficientes del parámetro “Calibre” son muy pequeños, lo que indica que el calibre es un parámetro que guarda poca relación con el contenido de aceite y la humedad.

A nivel nacional, otros investigadores han obtenido resultados similares:

Parodi et al, (2007), en un estudio realizados en paltas de los valles de Chincha, concluyo que existe una relación directamente proporcional entre el porcentaje de materia seca y

el contenido de aceite en palta Hass; en contraste, también señalo que en cuanto a la relación de la humedad con el contenido de aceite ésta es inversamente proporcional.

Loayza (2011), estableció que la relación entre la humedad y el contenido de aceite para las paltas cultivadas en los valles de Casma es $Y = 0.5984 - 0.598 X$ con $r = 0.41$; mientras que para el valle de Huaura esta ecuación es $Y = 64.629 - 0.656 X$ con $r = 0.065$.

A nivel internacional, las investigaciones demuestran este mismo comportamiento:

En Chile, Martínez (1984) fijó esta relación con la ecuación $Y=48.4280.52X$; por otro lado, Esteban (1993) recalculó esta expresión obteniendo una relación $Y=53.483-0.5767X$ con $r = 0.98$.

En un estudio realizado en Costa Rica por Cerdas (2014), se concluyó que también que existe una relación directamente proporcional entre la materia seca y el contenido de aceite: $Y=1.015-14.269$ con $r = 0.92$ e inversamente proporcional entre la humedad y el contenido de aceite.

Las investigaciones coinciden en que la humedad y el contenido de aceite en la pulpa de palta Hass están fuertemente relacionadas, por lo que sugieren el uso de estas ecuaciones para su cálculo indirecto, ya que ahorran tiempo y dinero para los agricultores y productores del mismo (Kader y Arpaia, 2005).



Figura 16: Muestras del aceite de pulpa de palta extraído por método Soxhlet

Varias investigaciones han llegado a los mismos resultados:

Coggins (1984), denomina “pobre” a la relación que existe entre el calibre o tamaño del fruto y su contenido de aceite. Del mismo modo, Saavedra (1995), menciona que esta relación es nula y no debe de utilizarse para la determinación de la madurez del fruto.

Por su lado, Sippel et al., (1992) determinó que los frutos de menor tamaño presentan una mejor maduración y mayor contenido de aceite, no obstante esta relación no es fija y no debe ser considerada como un indicador de índice de madurez optima en frutos.

Finalmente, Hofman y Jobin (1997) denominan al calibre como un método de clasificación de paltas para el comercio, mas no como un indicador del contenido de aceite, ya que este varía

debido a factores externos como el clima, número de frutos por planta, entre otros.

5.1.5 Uso de la relación calibre-humedad-contenido de aceite como parámetro de selección de destino de producción de palta HASS

Utilizando el modelo matemático (relación) obtenido se determinó en %CA en las 63 muestras de palta HASS, éstas variaron en contenido de aceite en un intervalo de $< 1.07-16.7\% >$, debido a que se eligieron muestras de diversos estadios de madurez.

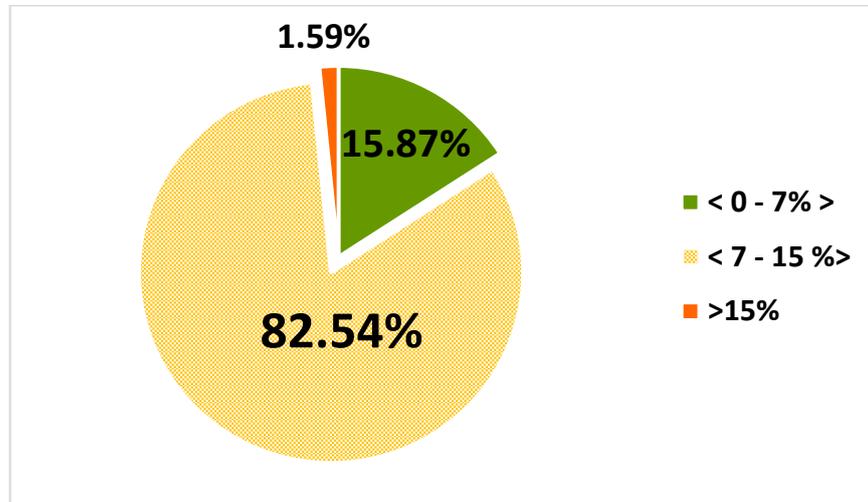
En el Gráfico 1, que muestra la distribución de los resultados de acuerdo al % de CA, se observó que:

- El 82.54% del total de muestras presentó un CA entre el 7 y 15%, es decir, es materia prima ideal para la producción de pulpa de palta o pastas.
- El 15.87% de las muestras tuvo un CA menor al 7%, lo que indica que es materia prima no apta para destino inmediato a la producción de pulpa.
- Solo el 1.59% de las muestras presentaron un CA superior al 15%, es decir son frutos adecuados y rentables para la extracción de aceite (Olaeta, 2007).

Por lo tanto, las muestras de paltas de descarte por bajo calibre del valle de Casma son ideales para la producción de pulpa de palta, y no recomendadas para la extracción de aceite, dado que

su contenido de CA es muy bajo y resultaría poco rentable para ese proceso.

Grafico 2: Distribución de las muestras de palta Hass de descarte, de acuerdo a su contenido de aceite

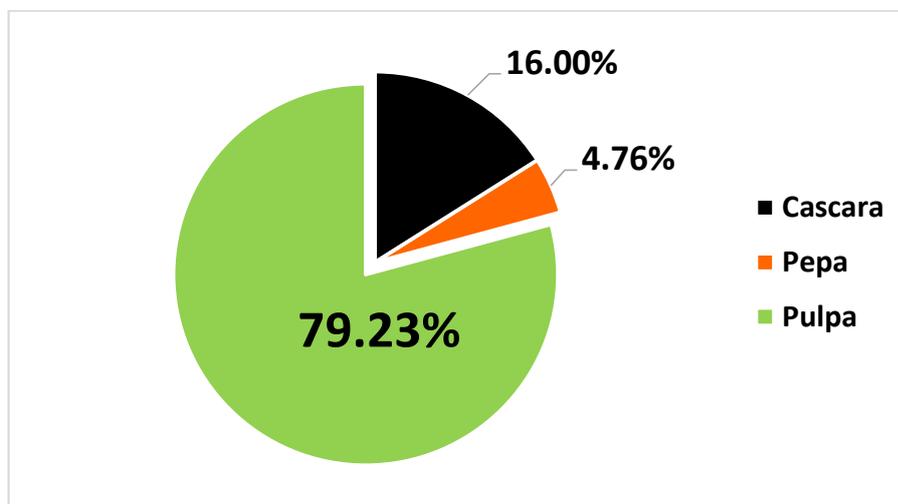


5.2Elaboración de pulpa de palta HASS a partir de materia prima de descarte por bajo calibre

El Grafico 4, elaborado a partir de los datos obtenidos en la elaboración de pulpa de los 11 experimentos (Anexo II), muestra los rendimientos del proceso de elaboración de pulpa de palta a partir de materia prima de descarte por bajo calibre.

El rendimiento promedio en pulpa fue de $79.23\% \pm 0.55$; los restos como cascaras y pepas constituyeron un $16.00\% \pm 0.43$ y $4.76\% \pm 0.38$ respectivamente.

Grafico 3: Rendimientos obtenidos en el proceso de elaboración de pulpa de palta Hass a partir de materia prima de descarte por bajo calibre



Un estudio sobre la industrialización de la palta realizado por la Corporación de Fomento de la Producción de Chile (1979), comparó el rendimiento de la pulpa de palta de diferentes cultivares (Tabla 11), encontrando los mayores rendimiento en las paltas Fuerte y Hass con 69.8%, debido a que presentan una pepa más pequeña y liviana en comparación con otros cultivares.

Tabla 11: Rendimientos de la industrialización de la palta en diferentes cultivares

Variedad	Fuerte	Hass	Bacon	Champion
% Pulpa	69.8	69.8	50.0	59.8
% Cascara	11.2	18.1	22.5	12.9
% Pepa	18.0	12.1	26.5	25.9

Fuente: Corporación de Fomento de la Producción de Chile, 1979.

Otro estudio realizado por Kiger et al., (1980) obtuvo un 71.37% de rendimiento en pulpa de palta Hass, en muestras de calibre medio-alto (150-300g). Por otro lado, Delgado et al., (2013) en su proyecto de Diseño de una Palta procesadora de pulpa de palta en la región Piura, tuvo un rendimiento del 50% en pulpa, debido a las pérdidas generadas por los restos en la maquinaria de trabajo.

Comparando los resultados de estos autores con los obtenidos en este estudio, se logró un 10% más en rendimiento de pulpa. Esto debido a que las paltas utilizadas al ser de bajo calibre poseen una pepa mucho más pequeña y liviana que las paltas de mayor peso. Las pérdidas en pepa fueron del 4.76%, mientras que en paltas de mayor tamaño este porcentaje supera el 12%.



Figura 17: Muestra de palta durante las operaciones de corte, deshuesado y pelado.



Figura 18: Muestra de pulpa de palta obtenida luego del envasado al vacío

5.3 Evaluación de la calidad de la pulpa

5.3.1 Color instrumental

Las Tablas 12 y 13 presentan los valores de L, a*, b*, C* y h° obtenidos los Días 0 y 49, en la medición del color de las muestras de palta según el planeamiento experimental.

Tabla 12: Color de las muestras de pulpa de palta de acuerdo al diseño experimental (Día 0)

Experimento	Tiempo	Temperatura	L*	a*	b*	C*	h°
E1	1,5	68	57.30	-13.88	35.78	38.38	111.2
E2	8,5	68	60.18	-14.02	36.21	38.83	111.16
E3	1,5	82	60.19	-12.31	35.42	37.50	109.67
E4	8,5	82	61.59	-12.38	35.22	37.33	109.87
E5	10	75	60.20	-13.18	35.84	38.18	110.19
E6	0	75	56.26	-14.30	36.18	38.91	111.56
E7	5	65	58.73	-16.64	36.65	40.25	114.42
E8	5	85	63.43	-13.95	36.62	39.18	110.86
E9	5	75	59.30	-12.47	35.96	38.06	109.19
E10	5	75	59.38	-12.46	35.93	37.98	109.2
E11	5	75	59.09	-12.44	35.96	38.11	109.17

L*: Luminosidad; C*: cromacidad; h*: ángulo de tonalidad

Tabla 13: Color de las muestras de pulpa de palta de acuerdo al diseño experimental (Día 49)

Experimento	Tiempo	Temperatura	L*	a*	b*	C*	h°
E1	1,5	68	45.51	2.20	28.61	25.13	85.6
E2	8,5	68	54.38	2.38	26.71	26.82	84.92
E3	1,5	82	53.51	3.08	29.70	29.86	84.07
E4	8,5	82	61.47	-3.37	32.60	35.42	95.9
E5	10	75	63.13	-6.46	39.69	40.22	99.24
E6	0	75	40.35	4.64	20.73	21.24	77.39
E7	5	65	49.52	-2.59	24.48	24.62	96.03
E8	5	85	66.67	-9.54	37.53	38.72	104.26
E9	5	75	54.79	5.46	29.60	30.21	78.43
E10	5	75	55.38	5.53	29.70	30.21	79.45
E11	5	75	55.26	5.49	29.44	30.22	79.68

L*: luminosidad; C*: cromacidad; h*: ángulo de tonalidad

5.3.1.1 Luminosidad (L*)

La luminosidad es el parámetro-indicador mejor asociado al pardeamiento enzimático (Gómez-López, 2002). Sus valores indican la claridad y brillo de la luz, si estos son altos revelan una pulpa clara, mientras que si son bajos o próximos a 0 indican un color oscuro, o en este caso una pulpa pardeada u oxidada (Esteller y Lannes, 2005).

Con los resultados obtenidos el Día 0, se realizó un modelo predictivo. Los coeficientes de la regresión (error estándar, valor-t y valor-p) ajustada ($p < 0.05$) se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14: Coeficientes de regresión para la respuesta de L* en el color de la pulpa de palta (Día 0)

	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(7)	Valor-p
Media	58.81603	0.261494	224.9229	0.000000
Tiempo	2.45330	0.439329	5.5842	0.000830
Temperatura	2.72906	0.439329	6.2119	0.000440
Temperatura (Q)	2.14487	0.493980	4.3420	0.003388

El tiempo, la temperatura y temperatura (Q) presentaron un valor-p menor a 0.05, por lo tanto tienen un efecto significativo en la luminosidad de la pulpa de palta. Asimismo, dado que el coeficiente de determinación fue 0.9268, es posible establecer un

modelo de respuesta de la variable L* en pulpa de palta con las variables estudiadas.

En el análisis de varianza (Tabla 15) del modelo ajustado el valor F_{cal} fue mayor a F_{tab} (4.347) ($p < 0.05$).

Tabla 15: ANOVA de la luminosidad (L*) del color en la pulpa de palta (Dia 0)

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F_{cal}
Regresión	34.55964	3	34.55964	88.62393
Residuos	2.72971	7	0.38996	
Total	37.28935	10		

Gracias a los resultados satisfactorios obtenidos en el ANOVA, se pudo obtener el modelo codificado de respuesta para L* en el color de la pulpa de palta (Dia 0) dentro de los parámetros estudiados.

La ecuación obtenida fue:

$$L^*_{Dia\ 0} = 58.81603 + 2.45330 * X_1 + 2.72906 * X_2 + 2.14487 * (X_2)^2$$

Es así que se pudo construir el gráfico de superficie de respuesta y las curvas de contorno (Gráfico 5). Se observó que los ensayos sometidos a mayor tiempo y temperatura de tuvieron una respuesta en L* del color mayor y por tanto presentaron un color

más claro en comparación con las de menor tiempo y temperatura de escaldado.

Investigaciones realizadas coinciden con este resultado, Zambrano y Materano (1999) observaron que el brillo en la pulpa de mango aumenta proporcionalmente al aumentar el tiempo y temperatura de escaldado. En contraste, Vicente (2004) menciona que este efecto depende de la fruta con la que se trabaje, puesto que en su estudio de escaldado de frutilla este resultado era inverso.

Vildosola (2008), observo resultados similares en la pulpa de palta con el mismo método de escaldado en inmersión. Según este autor, esto se debe a que el contacto con el calor es indirecto debido a la cascara gruesa de la variedad Hass, lo que protege a la pulpa y la mantiene brillante por más tiempo.

Al realizar las mediciones cada semana, se observó que los experimentos sometidos a tiempos y temperaturas altas

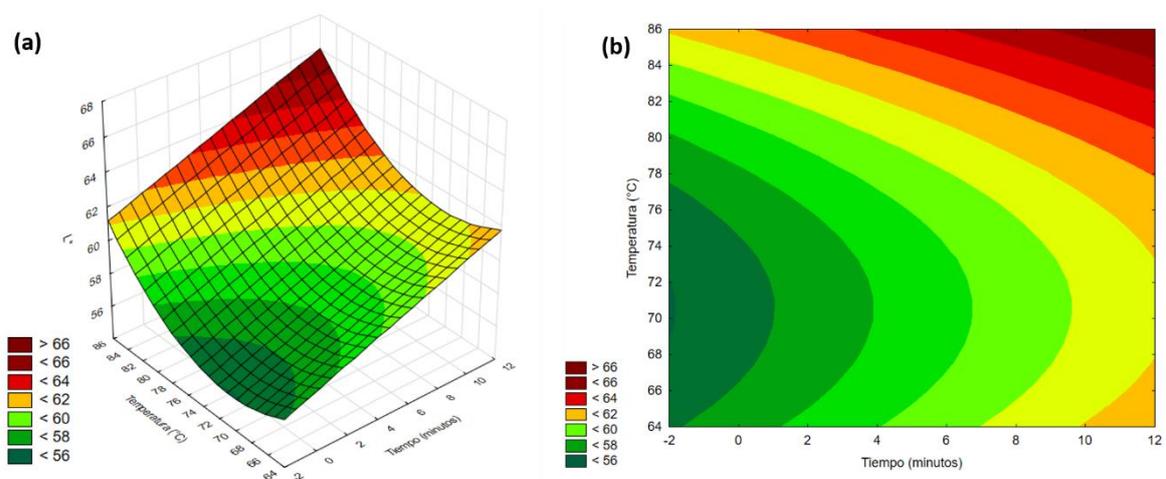


Gráfico 4: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro L^* del color de la pulpa de palta Hass en función del tiempo y temperatura de escaldado (Día 0).

mantuvieron su brillo, mientras que los sometidos a temperaturas de 65 y 68°C se tornaron oscuras.

Con los resultados obtenidos el Día 49, se realizó un modelo predictivo. Los coeficientes de la regresión (error estándar, valor-t y valor-p) ($p < 0.05$) se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16: Coeficientes de regresión para la respuesta de L^* en el color de la pulpa de palta (Día 49)

	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(7)	Valor-p
Media	55.12691	1.670009	33.00995	0.000000
Tiempo	12.21936	2.035255	6.00385	0.001841
Temperatura	9.79552	2.035255	4.81292	0.004828

De acuerdo con los resultados, dado que $p < 0.05$ para el tiempo y temperatura, se puede decir que influyen significativamente en el parámetro L^* (Día 49) del color de la pulpa de palta.

Al realizar el ANOVA (Tabla 17), se determinó que F_{cal} fue mayor a F_{tab} (5.786) para $p < 0.05$. En tanto, fue posible determinar un modelo de respuesta para el rango de los parámetros considerados en este estudio.

Tabla 17: ANOVA de la luminosidad (L*) del color en la pulpa de palta (Día 49)

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F_{cal}
Regresión	495.5354	2	495.5354	59.2104
Residuos	41.8453	5	8.3691	
Total	579.4077	10		

Con los resultados obtenidos en los análisis anteriores, se pudo calcular el modelo codificado de respuesta para L* en el color de la pulpa de palta (Día 0) dentro de los parámetros estudiados.

La ecuación obtenida fue:

$$L^*_{Día\ 49} = 55.12691 + 12.21936 * X_1 + 9.79552 * X_2$$

Es así que se pudo construir el gráfico de superficie de respuesta y las curvas de contorno (Gráfico 6). Donde se observa que los ensayos E8 y E5 los que presentaron mayor luminosidad, mientras que E6 (que no tuvo tratamiento térmico) presentó mayor opacidad en comparación al resto.

En comparación al Día 0, donde el rango de L* de los experimentos estaba entre 59-60, en el Día 49 este rango de respuestas de L* de la muestras se situaron entre 40-66, por tanto hubo ensayos que mantuvieron su luminosidad, así como ensayos que la disminuyeron significativamente, lo que generó finalmente

una diferencia significativa mayor entre los tratamientos para el último día de almacenamiento.

Por otro lado, al comparar las ecuaciones obtenidas en ambos casos, se observó que los coeficientes de regresión del tiempo y temperatura para Día 49 eran de dos a tres veces mayores que el del modelo del Día 0, lo que indica que los efectos de las variables de escalado fueron mayores a lo largo del tiempo de almacenamiento.

Comparados los resultados obtenidos en el escaldado con los de otros métodos, se obtuvo resultados similares a Bustos et al. (2015) quien utilizó ácido cítrico como inhibidor del pardeamiento (69.5-57.5); y mejores efectos en comparación con el método de pulsaciones de luz (49.68) utilizado por Aguiló-Aguayo et al. (2014).

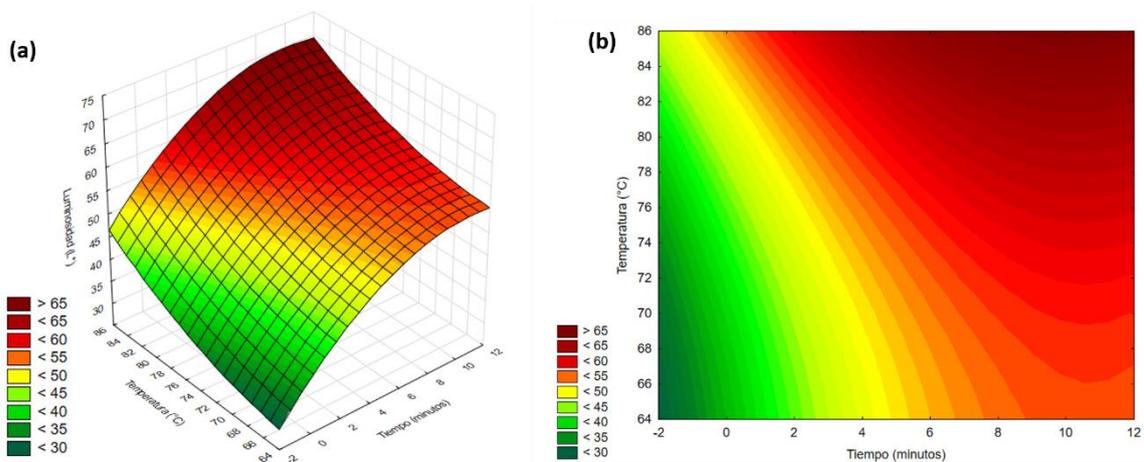


Gráfico 5: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro L^* del color de la pulpa de palta Hass en función del tiempo y temperatura de escaldado (Día 49).

5.3.1.2 Cromacidad o saturación (C*)

La cromacidad o intensidad del color de un producto es parámetro muy importante, dado que influye en la decisión de compra del cliente (Restrepo, 2012). Colores vivos e intensos son preferibles, a los opacos y sin vida; pues muchas personas relacionan un color intenso con la frescura y calidad del producto (Batista, 2007).

Se intentó determinar un modelo de respuesta de C* en el color de la pulpa de palta, los resultados del análisis del Día 0 se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18: Coeficientes de regresión para la respuesta de C* en el color de la pulpa de palta (Día 0)

	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	Valor-p
Media	38.03506	0.430592	88.33199	0.000000
Tiempo	-0.18879	0.524767	-0.35976	0.733725
Tiempo (Q)	-0.03822	0.619173	-0.06173	0.953170
Temperatura	-0.96727	0.524767	-1.84324	0.124627
Temperatura (Q)	1.10838	0.619173	1.79009	0.133449
Tiempo x Temperatura	-0.31000	0.745909	-0.41560	0.694937

Ninguna de las variables o su interacción obtuvieron un valor-p menor a 0.05. Asimismo, el coeficiente de determinación fue muy bajo (0.5937). Por lo tanto, dentro de las condiciones estudiadas,

no fue posible establecer un modelo predictivo en función a las variables estudiadas a un nivel de 5% de significancia para el Día 0.

No obstante, al transcurrir los días se observó que la intensidad del color entre las formulaciones vario considerablemente (Tabla 13). Los experimentos sometidos a temperaturas y tiempo altos (E4, E5 y E8) mantuvieron sus valores de cromacidad; los puntos centrales (E9, E10 y E11) presentaron una ligera disminución de este parámetro; mientras los ensayos a bajas temperaturas y tiempos de escaldado disminuyeron considerablemente este valor (E1, E2, E3, E6).

Con los datos obtenidos el Día 49, se estudió nuevamente la posibilidad de obtener un modelo predictivo de respuesta a C* en el color de la pulpa de palta. Los resultados de coeficientes de regresión se muestran en la Tabla 19.

Se observó que el Tiempo y Temperatura presentaron un valor-p < 0.05, por tanto, tuvieron un efecto estadísticamente significativo en la respuesta de C* para el color de la pulpa el Día 49. El coeficiente de determinación fue de 0.8295, lo que indica que es posible establecer un modelo de respuesta de la variable L* en pulpa de palta con las variables estudiadas.

Tabla 19: Coeficientes de regresión para la respuesta de C* en el color de la pulpa de palta (Día 49)

	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	Valor-p
Media	30.18787	1.991061	15.16169	0.000023
Tiempo	8.50429	2.426525	3.50472	0.017197
Tiempo (Q)	-0.38593	2.863061	-0.13480	0.898032
Temperatura	8.28369	2.426525	3.41381	0.018965
Temperatura (Q)	0.53527	2.863061	0.18696	0.859043
Tiempo x Temperatura	1.93500	3.449089	0.56102	0.598996

Al realizar el ANOVA (Tabla 20), se determinó que F_{cal} fue mayor a F_{tab} (5.786) para $p < 0.05$.

Tabla 20: ANOVA de la Cromacidad (C*) del color en la pulpa de palta (Día 49)

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F_{cal}
Regresión	289.1375	5	289.1375	24.3050
Residuos	59.4811	5	11.8962	
Total	348.8826	10		

Con estos resultados se pudo calcular el modelo codificado de respuesta para C* en el color de la pulpa de palta (Día 49).

La ecuación completa obtenida fue:

$$C^*_{Día\ 49} = 30.18787 + 8.50429 * X_1 - 0.38593 * X_1^2 + 8.28369 * X_2 + 0.53527 * X_2^2 + 1.93500 * X_1X_2$$

El modelo de superficie de respuesta y las curvas de contorno obtenidos del análisis se pueden observar en el Grafico 7.

La cromacidad se define como la pureza del color McGuire (1992). El Día 0 los valores de C* estuvieron entre 37 y 40, mientras que el Día 49 este rango se amplió entre 20 y 40, debido su disminución en las formulaciones tiempo y temperatura de escaldado menores.

Estudios demuestran que el uso de temperaturas altas de escaldado ayuda a mejorar el color en los alimentos (Zhou et al., 2016; Rezende et al., 2016) debido a que actúa sobre pigmentos

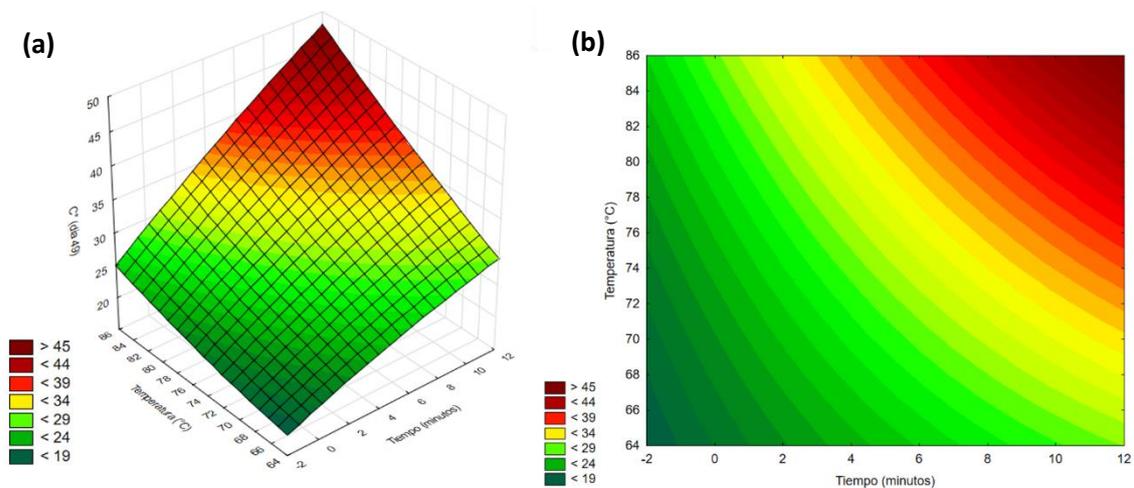


Grafico 6: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro C* del color de la pulpa de palta Hass en función del tiempo y temperatura de escaldado (Día 49).

como la clorofila, aumentando su estabilidad. Es por ello que durante su almacenamiento, los experimentos sometidos a temperaturas por encima de los 80°C perdieron menos su color en comparación a los demás, y es que la clorofila al ser más estable se degrada con menor rapidez (Bustos, 2015).

5.3.1.3 Angulo de tono (h*)

Indica en grados la tonalidad o color de la muestra, enfocándonos en este estudio en particular, valores cercanos a 90° (+b*) indican una tonalidad amarilla, mientras valores cercanos a 180° (-a*) una tendencia a tonalidades verdes; un valor intermedio de 135° se puede considerar un verde-amarillo o verde limón.

Con los datos de h* obtenidos el Día 0, se intentó determinar un modelo predictivo de respuesta de esta variable en función a las condiciones de escaldado estudiadas. La tabla 21 muestra los coeficientes de regresión obtenidos al 5% de significancia.

La temperatura y temperatura (Q), presentaron un valor-p menor a 0.05 y por tanto tuvieron un efecto significativo en la respuesta de h* a las diferentes condiciones de tiempo temperatura de escaldado estudiadas.

Tabla 21: Coeficientes de regresión para la respuesta de h^* en el color de la pulpa de palta (Día 0)

	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	Valor-p
Media	109.1699	0.530869	205.6439	0.000000
Tiempo	-0.4447	0.646975	-0.6874	0.522395
Tiempo (Q)	1.0680	0.763367	1.3991	0.220656
Temperatura	-1.9565	0.646975	-3.0240	0.029281
Temperatura (Q)	2.7977	0.763367	3.6650	0.014519
Tiempo x Temperatura	0.1200	0.919617	0.1305	0.901267

Al realiza el ANOVA correspondiente se determinó que F_{cal} fue mayor a F_{tab} (5.050) para $p < 0.05$.

Tabla 22: ANOVA del ángulo de tono (h^*) del color en la pulpa de palta (Día 0)

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F_{cal}
Regresión	21.16260	5	21.16260	25.02392
Residuos	4.22847	5	0.84569	
Total	23.81300	10		

Dado que el coeficiente de determinación en la regresión fue 0.8224 y en el ANOVA los resultados fueron satisfactorios fue posible determinar un modelo matemático de superficie de respuesta para h^* del color de la pulpa de palta sometida a los diferentes parámetros de escaldado para el Día 0.

La ecuación completa obtenida fue:

$$h^*_{Día 0} = 109.1699 - 0.4447 * X_1 + 1.0680 * X_1^2 - 1.9565 * X_2 + 2.7977 * X_2^2 + 0.1200 * X_1X_2$$

El grafico 8 muestra la superficie de respuesta y curvas de contornos para el modelo establecido.

Se aprecia que en un inicio, el incremento de la temperatura de escaldado disminuye el ángulo de tono de la pulpa hacia un color verde amarillo (E9, E10 y E11), no obstante a partir de los 75°C (temperatura central) la pulpa incrementa nuevamente h^* cambiando a un color verde intenso.

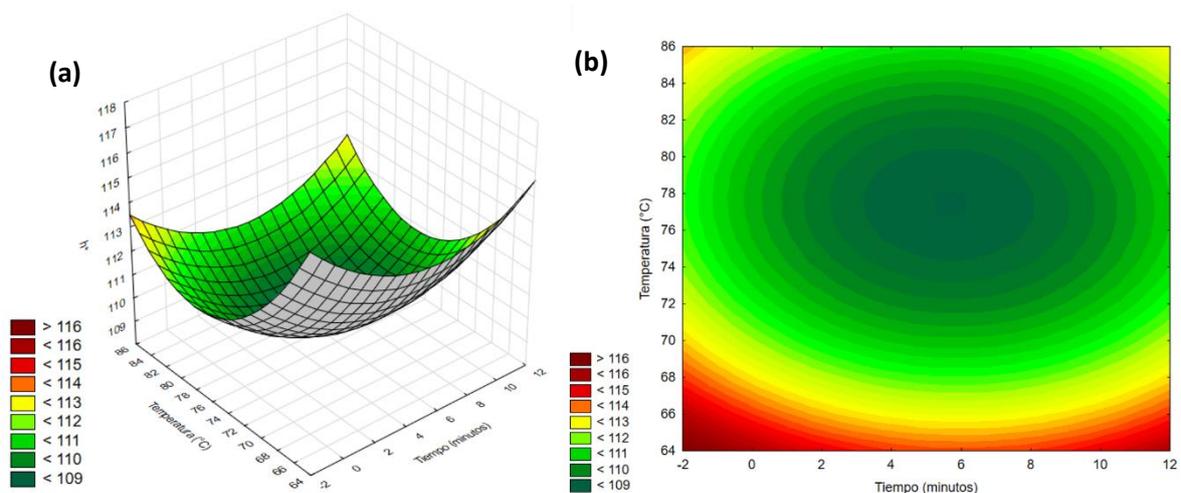


Gráfico 7: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro h^* del color de la pulpa de palta Hass en función del tiempo y temperatura de escaldado (Día 0).

Este comportamiento de h^* a las diferentes condiciones de escaldado difiere con lo mencionado por Jiménez et al. (2004) quienes afirman que el aumento de temperatura de escaldado en la palta intensifica el color verde y por tanto incrementa su ángulo de tono.

No obstante, Calvo (2008) quien obtuvo resultados similares a los de este estudio explica que este descenso de h^* en la pulpa de palta por efecto del calor se debe a la pérdida del átomo de magnesio en la clorofila, lo que produce la formación de la feofitina la afecta el color de la pulpa haciendo que sea de un color verde amarillo en un inicio y luego verde oliva intenso si se aumentan las condiciones de escaldado.

Como ya se ha mencionado, durante el almacenamiento se observó variaciones en los colores de la pulpa de palta. Al analizar los resultados e intentar establecer un modelo predictivo del comportamiento de h^* para el Día 49, se obtuvo los siguientes resultados.

La tabla 23 muestra los coeficientes de regresión al 5% de significancia.

Analizando los coeficientes de regresión, se pudo verificar que dentro de los rangos estudiados, los parámetros que tuvieron influencia significativa en el ángulo de tono de la pulpa de palta del Día 49 fueron el tiempo y la Temperatura (Q), mostrando ambos un efecto positivo en la respuesta.

Tabla 23: Coeficientes de regresión para la respuesta de h^* en el color de la pulpa de palta (Día 49)

	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	Valor-p
Media	79.10090	2.946640	26.84444	0.000001
Tiempo	10.48409	3.591097	2.91947	0.033034
Tiempo (Q)	5.94104	4.237142	1.40213	0.219804
Temperatura	5.24823	3.591097	1.46146	0.203735
Temperatura (Q)	17.53444	4.237142	4.13827	0.009012
Tiempo x Temperatura	6.25500	5.104424	1.22541	0.274991

Al analizar el ANOVA (Tabla 24), se encontró que el modelo es significativo pues $F_{\text{calc}} > F_{\text{tab}} = 5.05$.

Tabla 24: ANOVA del ángulo de tono (h^*) del color en la pulpa de palta (Día 49)

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F_{cal}
Regresión	814.2758	5	814.2758	31.2520
Residuos	130.2757	5	26.0551	
Total	893.9547	10		

La ecuación de regresión de h^* para el Día 49 fue:

$$h^*_{Día\ 0} = 79.10090 + 10.48409 * X_1 + 5.94104 * X_1^2 + 5.24823 * X_2 + 17.53444 * X_2^2 + 6.25500 * X_1X_2$$

El grafico 9 muestra la superficie de respuesta y curvas de contorno del modelo. El cual tuvo un coeficiente de determinación de 0.8542.

En comparación con los resultados obtenidos al inicio (Día 0), en el Día 49 se observó que las muestras disminuyeron su ángulo de tono. Las muestras sometidas a temperaturas superiores a los 80°C disminuyeron entre 5-7° de h^* (preservaron su tonalidad verde), mientras que las sometidas a temperaturas y tiempos inferiores perdieron hasta 30° de h^* , inclinándose a tonalidades amarillas-pardas.

Este comportamiento se debe a que durante su almacenamiento, la pulpa de palta es afectada por las reacciones de pardeamiento

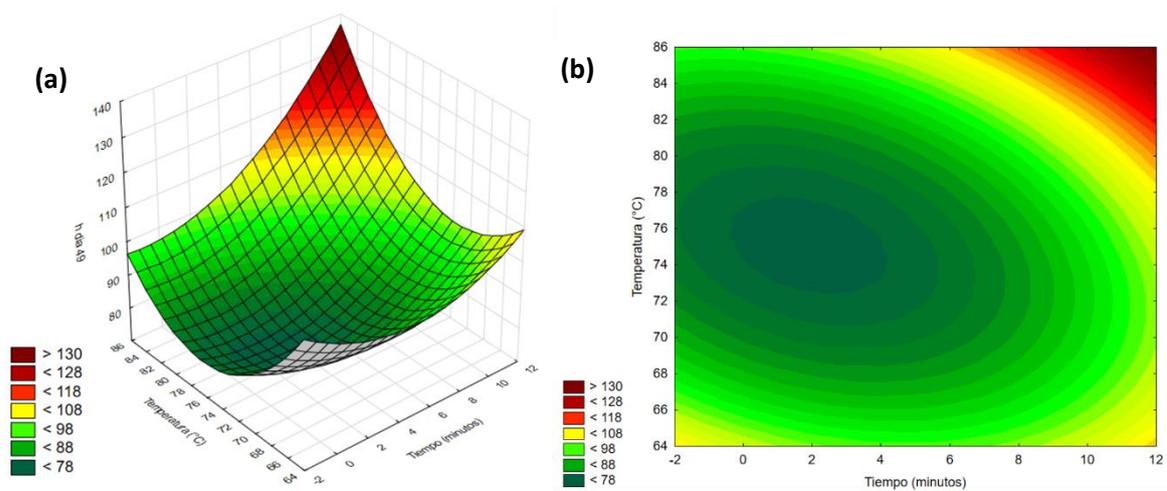


Gráfico 8: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro h^* del color de la pulpa de palta Hass en función del tiempo y temperatura de escaldado (Día 49).

enzimático (Jiménez et al, 2004; Fernández, 2007), donde la PPO induce a la formación de colores pardos u oscuros característicos de esta reacción (Rodríguez-Sánchez et al., 2013). Como la gran mayoría de enzimas la PPO es sensible al calor; los estudios demuestran que puede inhibirse en procesos de escaldado de 73°C/10min a 85°C/4.6 min (Ortiz et al, 2003).

Es por ello que los tratamientos E5 y E8 mantuvieron sus tonalidades, dado que en estos tratamientos las temperaturas y tiempo utilizados garantizan la inhibición de la PPO y por tanto disminuye considerablemente la velocidad de reacción de pardeamiento.

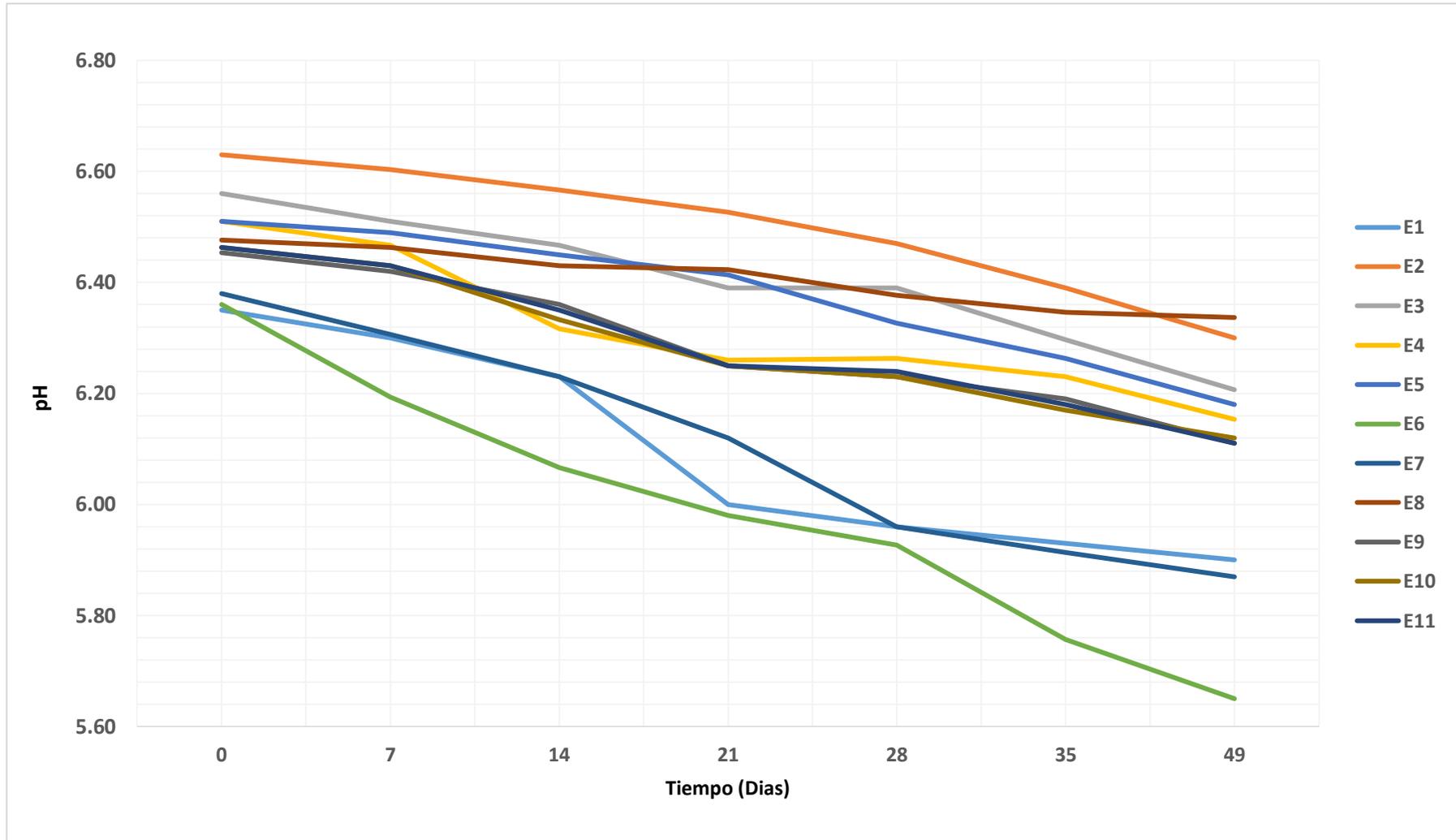
5.3.2 pH

La tabla 25 muestra los valores de pH obtenidos cada semana durante los 49 días de esta investigación.

Tabla 25: Evolución del pH en pulpa de palta Hass durante los 49 días de almacenamiento a (6°C)

Experimento	Tiempo	Temperatura	pH					
			Día 0	Día 7	Día 14	Día 28	Día 35	Día 49
E1	1,5	68	6.35	6.30	6.23	6.00	5.96	5.90
E2	8,5	68	6.63	6.60	6.57	6.53	6.47	6.30
E3	1,5	82	6.56	6.51	6.47	6.39	6.39	6.21
E4	8,5	82	6.51	6.47	6.32	6.26	6.26	6.15
E5	10	75	6.51	6.49	6.45	6.41	6.33	6.18
E6	0	75	6.36	6.19	6.07	5.98	5.93	5.65
E7	5	65	6.38	6.31	6.23	6.12	5.96	6.07
E8	5	85	6.48	6.46	6.43	6.42	6.38	6.34
E9	5	75	6.45	6.42	6.36	6.25	6.23	6.11
E10	5	75	6.46	6.43	6.33	6.25	6.23	6.12
E11	5	75	6.46	6.43	6.35	6.25	6.24	6.11

Grafico 9: Evolución del pH en las muestra de palta Hass durante los 49 días de almacenamiento a (6°C)



El analizar los resultados de pH del Día 0, se observó que los tratamientos sometidos a altas temperaturas y tiempo de escaldado cortos (E8 y E5) presentaron valores de pH superiores a los sometidos a bajas temperaturas y tiempos cortos de escaldado. Es así que se realizó el análisis de coeficientes de regresión, para determinar si las variables estudiadas tienen influencia significativa ($\alpha=0.05$) en la respuesta de pH en la pulpa de palta para el Día 0. (Tabla 26).

Tabla 26: Coeficientes de regresión para la respuesta de pH en la pulpa de palta (Día 0)

	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	Valor-p
Media	6.461092	0.030017	215.2489	0.000000
Tiempo	0.109949	0.036582	3.0056	0.029907
Tiempo (Q)	0.013742	0.043163	0.3184	0.763065
Temperatura	0.056448	0.036582	1.5431	0.183464
Temperatura (Q)	0.007209	0.043163	0.1670	0.873902
Tiempo x Temperatura	-0.165000	0.051998	-3.1732	0.024726

Los coeficientes de regresión obtenidos revelaron que, dentro de los parámetros estudiados, el tiempo y la interacción Tiempo x Temperatura de escaldado tienen un efecto significativo ($p<0.05$) en el pH de las muestras. Mientras que el tiempo tiene un efecto positivo

en la medida del pH, la interacción Tiempo x Temperatura este efecto es negativo.

Al realizar el análisis de varianza, se encontró que el modelo obtenido es estadísticamente significativo dado que $F_{\text{calc}} > F_{\text{tab}} = 5.05$; además de tener un coeficiente de determinación de 0.8119.

Tabla 27: ANOVA de la respuesta del pH en la pulpa de palta (Día 0)

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F_{cal}
Regresión	0.058437	5	0.058437	21.613066
Residuos	0.013519	5	0.002704	
Total	0.071895	10		

La ecuación obtenida para el modelo fue:

$$pH_{\text{Día 0}} = 6.461092 + 0.109949 * X_1 + 0.013742 * X_1^2 + 0.056448 * X_2 + 0.007209 * X_2^2 - 0.165000 * X_1 * X_2$$

El grafico 11 presenta la superficie de respuesta y curvas de contorno que representan al modelo obtenido. En este, claramente se aprecian que los tratamientos sometidos a temperaturas y tiempos cortos de escaldado presentaron los valores de pH más bajos en el Día 0.

Este resultado coincide con lo observado por Ortiz et al. en el 2003, donde los tratamientos de puré de palta sometidos a temperaturas altas (80-85°C) por tiempos cortos (1-3 min) de escaldado elevaron su pH, mientras que aquellos sometidos a temperaturas por debajo

de los 70°C disminuyeron considerablemente su valor en este parámetro.

En cuanto al descenso de pH en los tratamientos con alta temperatura y tiempo de escaldado, Chávez (2010), quien realizó un estudio en el tratamiento térmico de la pulpa de palta utilizando microondas, obtuvo resultados similares. Según este autor, el descenso del pH se debe a la disociación de los iones H⁺ y OH⁻ del agua (contenida en la pulpa) y la cual se da en temperaturas cercanas a la ebullición.

Durante su almacenamiento, se observó una disminución del pH en todos los experimentos, siendo E6 el que mostro mayor variación con un pH bajo de 5.76, y E8 el que mostro más estabilidad con un pH de 6.35.

Para ver si los resultados obtenidos al final del almacenamiento se pueden representar mediante un modelo predictivo, se procedió a determinar los coeficientes de regresión (Tabla 28). Los resultados, indicaron que tanto el Tiempo como la interacción Tiempo x Temperatura tienen un efecto significativo en la respuesta del pH en la pulpa de palta para el Día 49, dado que tuvieron un valor-p < 0.05. Al igual que en el modelo establecido para el Día 0, el tiempo tiene una influencia positiva, mientras que la interacción Tiempo x Temperatura influye negativamente. No obstante, a diferencia del primer modelo, en el Día 49 es el Tiempo quien tiene un efecto mayor, pues su valor-p es mucho menor lo que hace mayor a su coeficiente de regresión.

Tabla 28: Coeficientes de regresión para la respuesta de pH en la pulpa de palta (Día 49)

	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	Valor-p
Media	6.114418	0.050669	120.6749	0.000000
Tiempo	0.273165	0.061750	4.4237	0.006868
Tiempo (Q)	-0.156371	0.072859	-2.1462	0.084650
Temperatura	0.133872	0.061750	2.1680	0.082355
Temperatura (Q)	0.126196	0.072859	1.7321	0.143810
Tiempo x Temperatura	-0.226667	0.087772	-2.5824	0.049286

Al analizar los resultados del ANOVA (Tabla 29), se determinó que el modelo obtenido es estadísticamente significativo dado que $F_{\text{calc}} > F_{\text{tab}} = 5.05$; además de tener un coeficiente de determinación de 0.8932.

Tabla 29: ANOVA de la respuesta del pH en la pulpa de palta (Día 49)

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F_{cal}
Regresión	0.296946	5	0.296946	38.544464
Residuos	0.038520	5	0.007704	
Total	0.360511	10		

La ecuación obtenida fue:

$$pH_{Día\ 49} = 6.114418 + 0.273165 * X_1 - 0.156371 * X_1^2 + 0.133872 * X_2 \\ + 0.126196 * X_2^2 - 0.226667 * X_1 * X_2$$

El gráfico 11 representa la superficie de respuesta y curvas de contorno del modelo obtenido para el Día 49. Claramente, se observa que los experimentos sometidos a temperaturas por debajo de 70°C y tiempos menores a 5 minutos (E1, E6, E7) presentaron un pH por debajo de 6.0; mientras los demás mantuvieron este valor por encima de 6.17.

De acuerdo con Nickerson y Karel (1964) esta diferencia se debe a la oxidación lipolítica (rancidez de los glicéridos) que ocurre durante el almacenamiento de la pulpa, en la cual se liberan algunos ácidos grasos que causan la acidificación del medio y por tanto un bajo pH. Esta reacción es inhibida a altas temperaturas, lo que hace que el pH se mantenga para estos tratamientos.

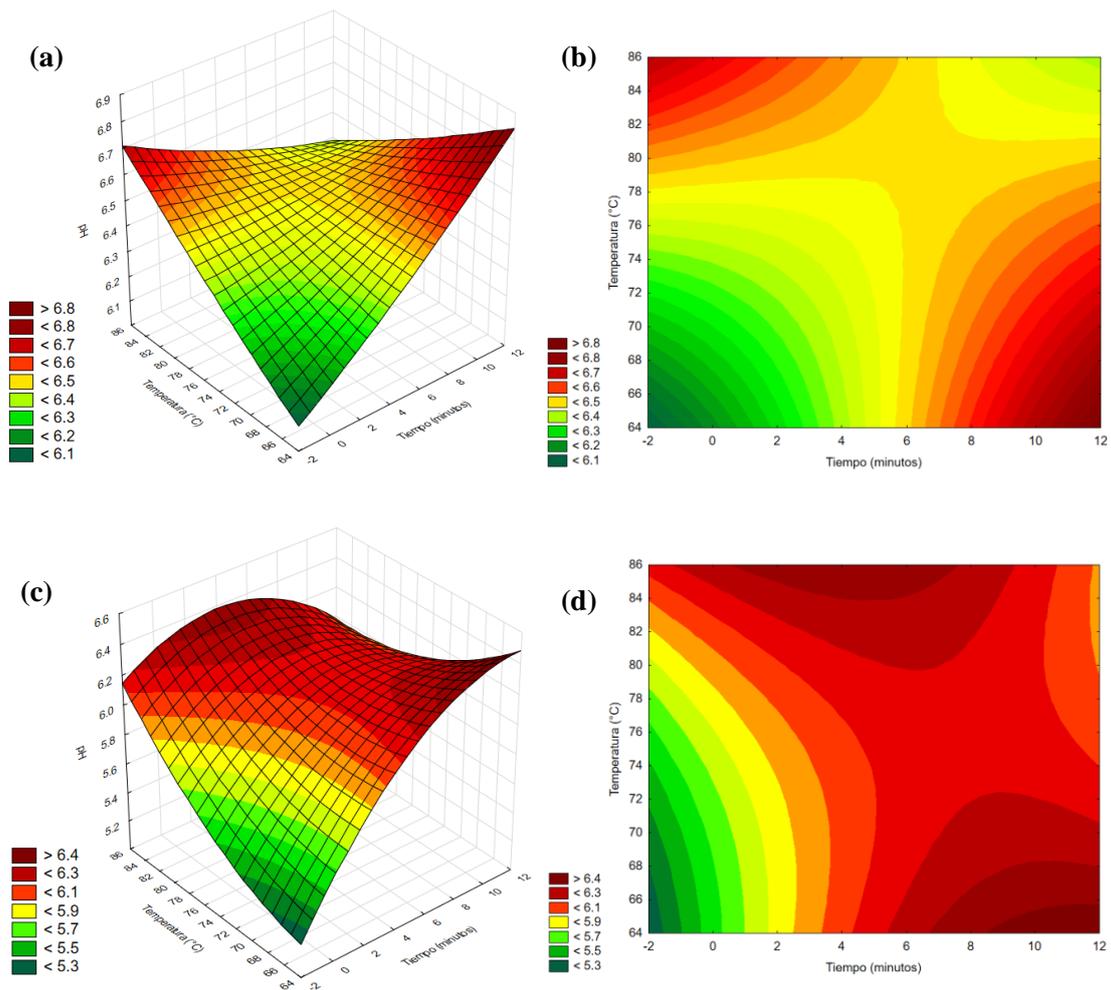


Grafico 10: Superficie de respuesta y curvas de contorno de la respuesta del pH en la pulpa de palta Hass en función del tiempo y temperatura de escaldado para el Día 0 (a) y (b); y para el Día 49 (c) y (d).

5.3.3 Acidez titulable

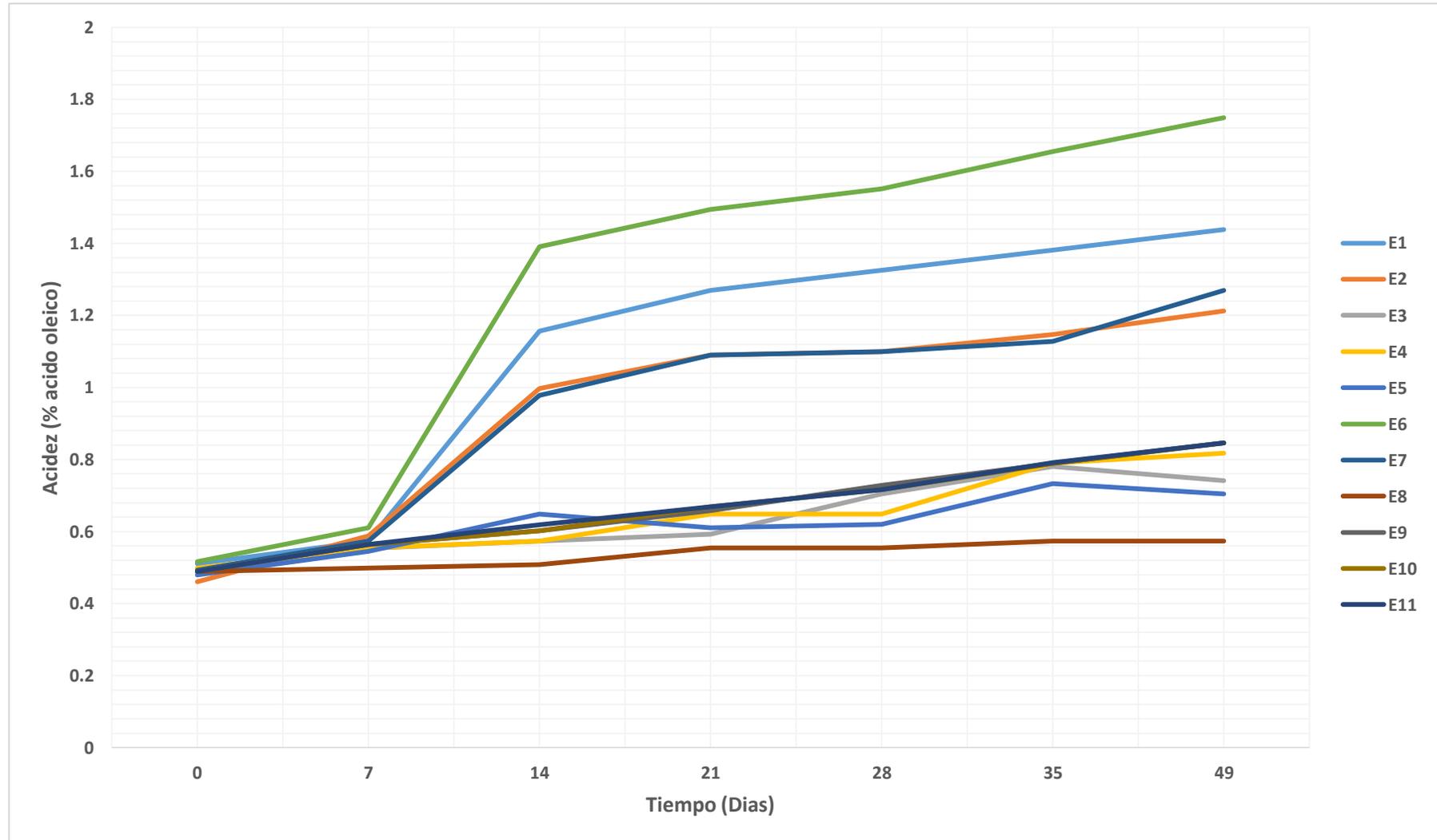
La acidez en la pulpa de palta es de suma importancia debido a que es un factor que mide el grado de oxidación o rancidez de la muestra (Zhou et al., 2016).

Los resultados de las mediciones de la acidez titulable de las muestras durante los 49 días de su almacenamiento se muestran en la tabla 30. Conjuntamente en el Grafico 12 se muestra la evolución de este parámetro para los 11 experimentos.

Tabla 30: Evolución de la medida de acidez (% de ácido oleico) en pulpa de palta Hass durante los 49 días de almacenamiento a (6°C)

Experimento	Tiempo	Temperatura	Acidez (% ácido oleico)					
			Día 0	Día 7	Día 14	Día 28	Día 35	Día 49
E1	1,5	68	0.5101	0.5734	1.1562	1.269	1.3254	1.4382
E2	8,5	68	0.4606	0.5876	0.9973	1.0904	1.0998	1.2126
E3	1,5	82	0.4888	0.5534	0.5734	0.5922	0.705	0.9024
E4	8,5	82	0.4982	0.5546	0.5734	0.6486	0.6486	0.8178
E5	10	75	0.4794	0.5452	0.6486	0.611	0.6204	0.705
E6	0	75	0.517	0.611	1.3912	1.4946	1.551	1.7484
E7	5	65	0.4926	0.5734	0.9776	1.0904	1.0998	1.269
E8	5	85	0.4888	0.4982	0.5076	0.5546	0.5546	0.5734
E9	5	75	0.4888	0.564	0.6023	0.6583	0.7281	0.846
E10	5	75	0.4888	0.564	0.6023	0.6682	0.7163	0.846
E11	5	75	0.4888	0.564	0.6183	0.6682	0.7163	0.846

Grafico 11: Evolución del pH en las muestra de palta Hass durante los 49 días de almacenamiento a (6°C)



El Día 0 la acidez de las muestras estuvo en un rango entre 0.4606 y 0.5101% ácido oleico. Los experimentos sometidos a bajas temperaturas por tiempos prolongados (mayores a 5 minutos) presentaron los valores de acidez más bajos en comparación a aquellos sometidos a altas temperaturas y tiempo de escaldado. Para saber si los resultados obtenidos en el Día 0 se pueden ajustar a un modelo predictivo, se determinaron los coeficientes de regresión a una significancia del 5%. Los resultados ajustados de estos cálculos se muestran en la Tabla 31.

Tabla 31: Coeficientes de regresión ajustados para el porcentaje de acidez en pulpa de palta Hass (Dia 0)

	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(8)	Valor-p
Media	0.491082	0.001587	309.3759	0.000000
Tiempo	-0.023217	0.003704	-6.2684	0.000241
Tiempo x Temperatura	0.029450	0.005265	5.5940	0.000514

De acuerdo con los coeficientes de regresión obtenidos, el Tiempo y la interacción Temperatura x Tiempo de escaldado tuvieron un efecto estadísticamente significativo en la acidez titulable (% ácido oleico) de los experimentos. El coeficiente del Tiempo indica que éste tiene un efecto negativo sobre la acidez, mientras que la interacción Tiempo x Temperatura influye positivamente.

Al realizar el ANOVA respectivo (Tabla 32), se determinó que $F_{cal} > F_{tab} = 4.459$ por lo que el modelo es estadísticamente significativo, asimismo tiene un coeficiente de determinación igual a 0.8982.

Tabla 32: ANOVA de la respuesta de acidez (% ácido oleico) en la pulpa de palta (Día 0)

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F_{cal}
Regresión	0.001956	2	0.001956	70.585382
Residuos	0.000222	8	0.000028	
Total	0.002178	10		

La ecuación ajusta del modelo fue:

$$Acidez (\%acido\ oleico)_{Día\ 0} = 0.491082 - 0.023217 * X_1 + 0.029450 * X_1 * X_2$$

El gráfico 13 se muestra la superficie de respuesta y curvas de contorno obtenidas para el modelo de respuesta de Acidez en pulpa de palta Hass para el Día 0. Donde se puede apreciar que las muestras sometidas a tiempos prolongados de escalado obtuvieron %acidez menores en comparación al resto de los tratamientos.

Es normal esperar que aquellas muestras sometidas a bajos parámetros de escaldado presenten una acidez mayor, debido a la oxidación lipolítica que sucede en la pulpa de palta (Nickerson y Karel, 1964; Chavez, 2010). No obstante, esta reacción catalizada por enzimas, es inhibida a altas temperaturas, por lo que los tratamientos realizados a temperaturas superiores a los 78°C no son

afectados por esta reacción. Para explicar la alta acidez en la pulpa sometida a altas temperaturas, Calvo (2008) menciona que este fenómeno se debe a la liberación de ácidos presentes en las vacuolas, debido a la disociación de H^+ y OH^- del agua de la palta cuando se somete a temperaturas superiores a $78^{\circ}C$, lo que genera un aumento en la acidez de la pulpa.

Durante su almacenamiento, se observó un aumento en la acidez de la pulpa en todos los experimentos, en diferentes proporciones. A fin, de determinar si con los resultados obtenidos se puede construir un modelo predictivo de la acidez en el Día 49, se determinaron los coeficientes de regresión (Tabla 33) al 5% de significancia.

Tabla 33: Coeficientes de regresión ajustados para el % de acidez en pulpa de palta Hass (Día 49)

	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	Valor-p
Media	0.845770	0.120981	6.99095	0.000922
Tiempo	-0.405753	0.147440	-2.75198	0.040216
Tiempo (Q)	0.365015	0.173965	2.09821	0.089958
Temperatura	-0.516112	0.147440	-3.50049	0.017275
Temperatura (Q)	0.065625	0.173965	0.37723	0.721484
Tiempo x Temperatura	0.151100	0.209573	0.72099	0.503208

El Tiempo y la Temperatura demostraron tener un efecto estadísticamente significativo en la acidez de la pulpa, con un valor-p menor a 0.05. De acuerdo con sus coeficientes de regresión, la influencia de ambos es negativa para la medida de la acidez.

Los resultados del ANOVA presentados en la tabla 34, muestran que $F_{cal} > F_{tab} = 5.05$, por tanto el modelo obtenido es estadísticamente significativo, y cuenta con un coeficiente de determinación de 0.8323

Tabla 34: ANOVA de la respuesta de acidez (% ácido oleico) en la pulpa de palta (Día 49)

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F_{cal}
Regresión	1.093252	5	1.093252	24.891405
Residuos	0.219604	5	0.043921	
Total	1.309844	10		

La ecuación obtenida fue:

$$\begin{aligned}
 \text{Acidez (\%ácido oleico)}_{\text{Día 49}} &= 0.84577 - 0.405753 * X_1 + 0.365015 * X_1^2 \\
 &\quad - 0.516112 * X_2 + 0.065625 * X_2^2 + 0.1511 * X_1X_2
 \end{aligned}$$

El gráfico 13 muestra la superficie de respuesta y curvas de contornos del modelo. Como se mencionó antes, es notable el aumento de acidez en aquellos tratamientos sometidos a bajas temperaturas y tiempos de escaldado (E1 y E6) en comparación a

los sometidos a altos rangos de estas variables (E8), quienes mantuvieron sus valores de acidez estables en el tiempo.

Como ya se ha mencionado, esta diferencia de comportamiento se debe a la inhibición, causada por el aumento de temperatura, de las enzimas que participan en oxidación lipídica de los ácidos grasos (principalmente el ácido oleico, el ácido linolénico) que están presentes en los aceites de la palta (Nickerson y Karel, 1964).

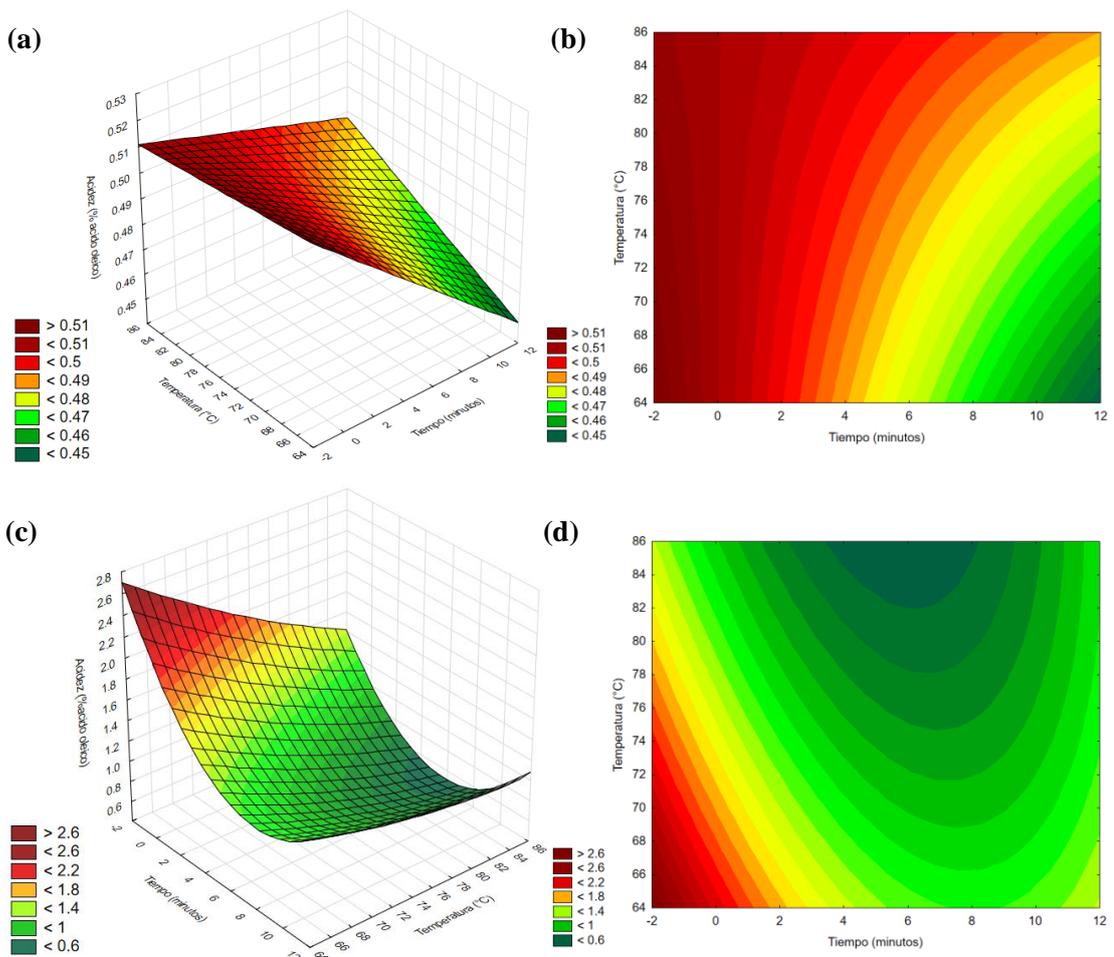


Gráfico 12: Superficie de respuesta y curvas de contorno de la respuesta de la acidez (% de ácido oleico) en la pulpa de palta Hass en función del tiempo y temperatura de escaldado para el Día 0 (a) y (b); y para el Día 49 (c) y (d).

5.4 Análisis sensorial

De acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación de la calidad de la pulpa de palta Hass, se seleccionaron los experimentos (Tabla 35): E5, E8 y el punto central E9, los cuales demostraron tener mayor estabilidad en el color, pH y acidez en el tiempo. E4 (82°C/8.5min) no fue seleccionada debido a los resultados elevados de intensidad de color, pH y acidez inicial.

Las muestras seleccionadas se analizaron junto a un patrón al cual no se le sometió a ningún tipo de tratamiento térmico.

Tabla 35: Tratamientos escogidos para la evaluación sensorial

Experimento	Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)
E5	10	75
E8	5	85
E9	5	75
Patrón	0	0

En la figura 19 se puede apreciar las muestras seleccionadas para este análisis.

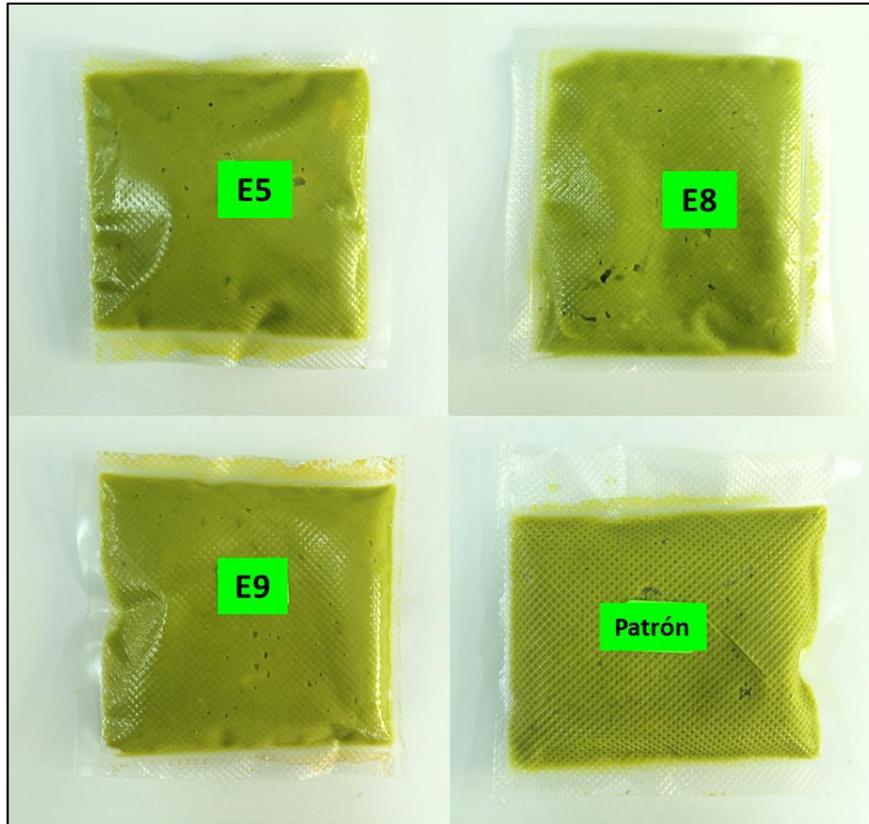


Figura 19: Muestras seleccionadas para la evaluación sensorial

En la tabla 36 se muestran los puntajes medios asignados a los experimentos por los panelistas, en el análisis sensorial de las características: color, olor, textura y sabor.

Tabla 36: Puntaje obtenido por las muestras evaluadas en el análisis sensorial

Experimento	Puntaje*			
	Color	Olor	Textura	Sabor
E5	8.59±0.33 ^b	8.54±0.63 ^a	6.46±0.79 ^b	6.97±0.67 ^b
E8	8.83±0.57 ^a	8.33±0.76 ^a	5.89±0.65 ^c	3.74±1.08 ^c
E9	8.31±0.81 ^b	8.85±0.95 ^a	8.71±0.86 ^a	8.10±0.76 ^a
Patrón	8.13±0.69 ^c	8.76±0.87 ^a	8.68±0.98 ^a	8.52±0.58 ^a

* Media de 40 panelistas no entrenados ± SD

Los resultados del análisis sensorial respecto al color de las muestras determinaron que el puntaje es estadísticamente diferente para los experimentos, además se observa que este aumenta proporcionalmente a las condiciones de escaldado de la muestra, siendo E8 (85°C/5min) quien obtuvo el mayor puntaje (8.83 ± 0.57). Esto indica que los panelistas prefieren un color intenso en la pulpa de palta ya que éste es uno de los efectos que produce el someter a la pulpa a temperaturas altas (intensificar pigmentos-clorofila).

Para Valenzuela (1996) esto se debe a que comúnmente las personas asocian un verde intenso y luminoso a un producto fresco y natural, mientras que el color verde-amarillo lo relacionan a un producto rancio u oxidado.

En cuanto a los puntajes obtenidos por las muestras respecto de su olor, se observó que este no presenta diferencia significativa ($\alpha=0.05$) entre los experimentos estudiados. Entre los comentarios realizados por los panelistas en la ficha de evaluación, muchos destacaron que el olor de las muestras es fuerte pero agradable. Este hecho, se debe al tipo de escaldado realizado, el cual al realizarse con cascara ésta intensifica el olor de la pulpa (Chávez, 2010).

El análisis sensorial de textura, reveló que no existe diferencia significativa al 5% entre los puntajes obtenidos por E9 y el Patrón, que obtuvieron los puntajes más altos de 8.71 ± 0.86 y 8.68 ± 0.98 respectivamente. E8 tuvo el puntaje más bajo con 5.89 ± 0.65 . Para Vildósola (2008), esto se debe al efecto que tiene la temperatura sobre la textura de la palta, ya que temperaturas altas la modifican convirtiendo

una pulpa naturalmente suave y untada, en una pasta grumosa y un poco acuosa.

Finalmente, respecto al sabor nuevamente E9 y el Patrón obtuvieron los puntajes más altos de 8.10 ± 0.76 y 8.52 ± 0.58 respectivamente, los cuales no presentaron diferencia estadística significativa al 5%. En comparación a ellos, E5 y E8 obtuvieron puntajes bajos de 6.97 ± 0.67 y 3.74 ± 1.08 , lo que indica que no fueron del agrado de los panelistas a quienes les disgustó en diferentes maneras su sabor. Según Vildósola (2008), el uso de temperaturas altas en el escaldado por inmersión genera un sabor amargo en la pulpa de palta por lo que no es recomendable someterla a temperaturas por encima de los 78°C y tiempos mayores a 5 minutos.

Intención de compra

Los resultados de intención de compra mostrados en el gráfico 14, indican que los consumidores presentan una gran intención de compra para las muestras E9 y el patrón; en contraste, un gran porcentaje éstos indican que no comprarían las muestras E5 y E8.

Dentro de los tres experimentos evaluados, E9 ($75^{\circ}\text{C}/5\text{min}$) fue la que obtuvo un mayor porcentaje de “Sí lo compraría” (79%) en comparación con E5 y E8 cuyos porcentajes fueron de 3% y 5% respectivamente. Asimismo, este experimento presentó mejores resultados en comparación con la muestra Patrón, la cual si bien logró un 80% de “Si lo compraría”, también tuvo un 15% de “Probablemente lo compraría” y 5% de “tal vez lo compraría”.

Los resultados señalan que los consumidores se inclinan por un producto de color brillante y de sabor ligero (lo más parecido al alimento natural), y descartan aquellos de sabores intensos.

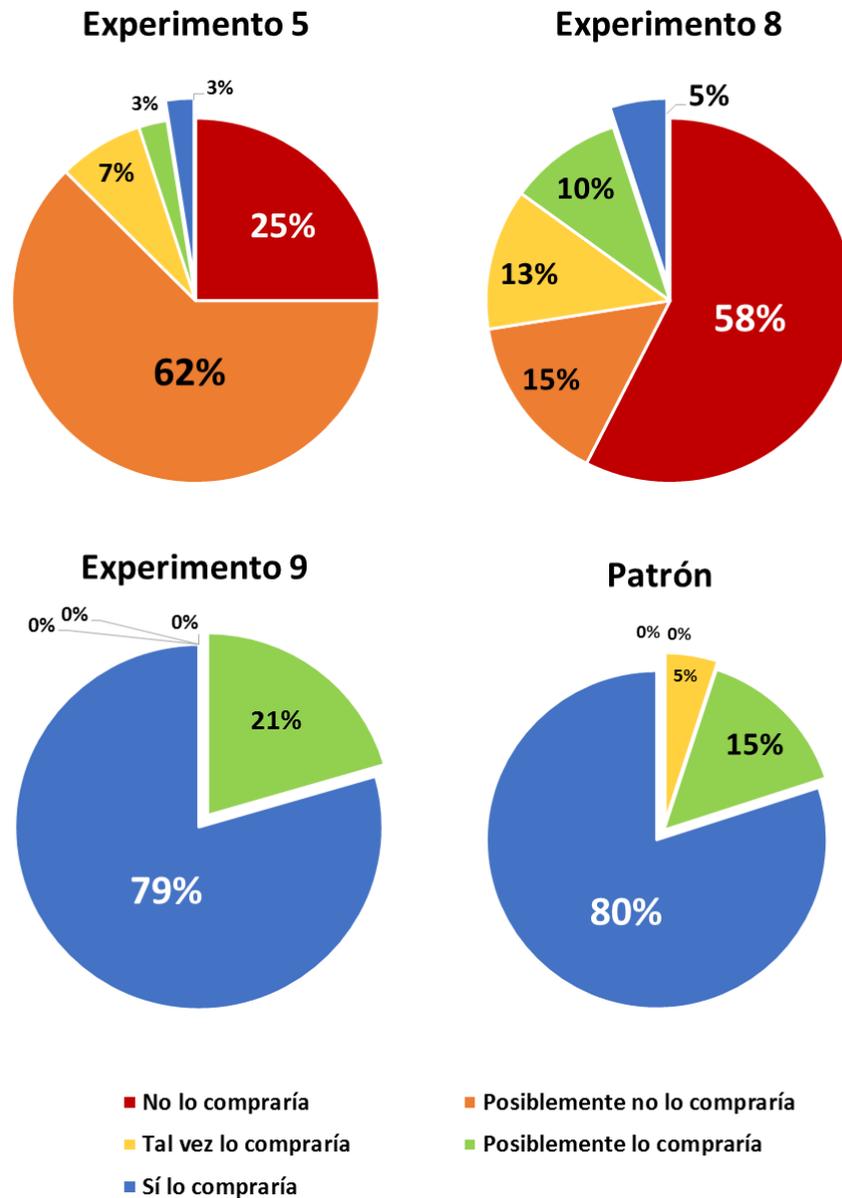


Grafico 13: Resultados de la intensidad de compra de las muestras de pulpa de palta

6 CONCLUSION

Los resultados obtenidos en el presente estudio permitieron concluir que:

El calibre, la humedad y el contenido de aceite en la pulpa de palta Hass de descarte por bajo calibre, del valle de Casma, guardan una relación estadísticamente significativa ($R^2=99.94\%$), la cual se traduce en la ecuación:

$$\begin{aligned} \%CA = & 5.907 + 0.187(Cal) + 0.039(Cal)^2 - 9.661(\%H) - 0.053(\%H)^2 \\ & + 0.069(Cal)(\%H) \end{aligned}$$

Asimismo, se determinó que el calibre es una medida que no puede considerarse para la selección del destino de las paltas de descarte debido a que no guarda relación significativa con el contenido de aceite en la pulpa. Utilizando el modelo matemático se determinó que las paltas de bajo calibre no son materia prima recomendada para la extracción de aceite dado que el 98.5% del total de muestras presentó un %humedad elevado que aplicado al modelo se traduce en un contenido de aceite bajo (<15%), el cual resulta poco rentable para esta industria. No obstante, se determinó que las paltas descarte son viables para la elaboración de pulpa, dado que éstas de acuerdo al modelo presentan un %CA entre 7 y 15%, además poseen un mayor porcentaje de peso en pulpa y una pepa pequeña, lo cual se ve reflejado con un rendimiento en pulpa de 79.23%.

En la determinación de los parámetros de escaldado óptimos para la elaboración de pulpa de palta utilizando frutos de descarte por bajo calibre, se estableció que el tiempo y temperatura óptima de escaldado son de 75°C por 5 minutos, ya que a estos parámetros se desacelera el pardeamiento

enzimático conservando las características organolépticas (sabor, olor y color) del producto fresco.

Este trabajo demostró que es posible aprovechar la materia prima, que usualmente es desechada o vendida a precios muy bajos, para la elaboración de productos con valor agregado, generando mayores ingresos para los productores y empresas.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agro data Perú. 2009. Comentario del 22 de Setiembre a “Exportaciones”. Consulta: 22 de Octubre de 2015
- Agudelo, C.A. 1993. Conservación de pulpa de palta (*Persea americana Mill.*). Alimentos 18(4):11-14.
- Aguiló-Aguayo, I.; Oms-Oliu, G.; Martín-Belloso, O.; Soliva-Fortuny, R. 2014. Impact of pulsed light treatments on quality characteristics and oxidative stability of fresh-cut avocado. LWT - Food Science and Technology 1(7): 27.
- Arata, N. y Yunisic, M. 1983. Industrialización de la palta. El Campesino 12: 36-39.
- Ariza, J., López, F., Coyot, J., Ramos, M., Díaz, J., Martínez, A., 2011. Efecto de diferentes métodos de extracción sobre el perfil de ácidos grasos en el aceite de aguacate (*Persea americana Mill. var. Hass*). Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos 2, 263–276.
- Asociación de productores de palta Hass del Peru. <http://www.prohass.com.pe/blog/2015/09/peru-en-camino-de-posicionarse-como-el-primer-exportador-de-palta-hass-en-el-mundo>. Consultada el 24 de octubre del 2015.
- Association of Official Analytical Chemistry. 1990. Official methods of Analysis of the AOAC. 1018 p. 2º vol. Ed. AOAC, Washington DC, USA.
- Ataucusi, S. 2015. Manejo Técnico Del Cultivo De Palta. Primera edición. Cáritas del Perú. 38-56p.

- Carballo, M. 1982. Formulación de un producto en base a palta. 128 p. Tesis Ingeniero Bioquímico. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Ingeniería, Valparaíso, Chile.
- Caro, N. 1998. Estudios de índices de madurez en frutos de palto (*Persea americana MILL*) var. Hass en distintas localidades de Chile. Tesis Universidad de Chile, Facultad de Ingeniería Agrónoma.
- Cerdas, A.; Montero C; Somarribas J. 2014. Verificación del contenido de materia seca como indicador de cosecha para aguacate (*Persea americana*) cultivar hass en zona intermedia de producción de los santos, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 38(1): 207-214. ISSN:0377-9424
- Chavez, P. 2010. Efecto de la potencia y el tiempo de escaldado en horno microondas sobre la actividad de la polifenoloxidasas, características fisicoquímicas y sensoriales del puré refrigerado de palta (*Persea americana Millar*) var. Fuerte. Tesis de titulación en Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.
- Cheftel, J.C. y H. Cheftel. 1992. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. 333 p. Vol 1. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Codex Alimentarius. (1995). Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://www.fao.org/docrep/012/a1552s/a1552s00.htm>
- Coggins, C. (1984). Feasibility of using fruit size and percentage dry weight to predict maturity. *California Avocado Society Yearbook* 68:145-160.

- CONAFRUT - INIA., 1997 El cultivo del Palto. Boletín Técnico N° 9. Lima – Perú
- Cornejo, V. (2010). TESIS. Recuperado el 19 de Setiembre de 2013, de TESIS: http://tesis.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/7028/1/DES_HIDRATACION.pdf
- Desrosier, N. 1993. Conservación de alimentos. 468 p. Editorial Continental. D.F. México.
- Donetti, M., Terry, L., 2014. Biochemical markers defining growing area and ripening stage of imported avocado fruit cv. Hass. Journal of Food Composition and Analysis 34,90–98.
- Donetti, M., Terry, L., 2014. Biochemical markers defining growing area and ripening stage of imported avocado fruit cv. Hass. Journal of Food Composition and Analysis 34, 90–98.
- Dorantes-Alvarez, L., Parada-Dorantes, L., Ortiz-Moreno, A., Santiago-Pineda, T., Chiralt-Boix, A., & Barbosa-Cánovas, G. 1998. Effect of anti-browning compounds on the quality of minimally processed avocados. Food Science and Technology International, 4(2), 107-113.
- Esteban, P. 1993. Estimación del contenido de aceite a través de la humedad y su relación con la palatabilidad en frutos de paltos de las variedades negra de la cruz, Bacon, Edranol y Hass desde la última etapa de desarrollo de hasta madurez fisiológica. Tesis Universidad de Chile, Facultad de Ingeniería Agronoma.

- Esteller, M.S.; Amaral, R.L. e Lannes, S.C.S. Effect of sugar and fat replacers on the texture of baked goods. *Journal of Texture Studies*, 35, p. 383-393, 2004a.
- Fernández, J.M. 2007. Tecnología de los alimentos, escaldado y pelado al vapor. Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Almería. Disponible en <http://www.ual.es/~jfernand/TA/Tema6/Tema6-EscaldadoyPV.pdf>. Leído el 25 de octubre de 2015.
- Ferreyra a, G. Sellés a, J. Saavedra b, J. Ortiz c, C. Zúñiga a, C. Troncosoa, S.A. Rivera a. 2016. Identification of pre-harvest factors that affect fatty acid profiles of avocado fruit (*Persea americana Mill*) cv. 'Hass' at harvest. *South African Journal of Botany* 104 (2016) 15–20.
- García W., Claudia L.; Giraldo G., Germán A.; Hurtado T., Hernando; Mendivil, C. 2006. Cinética enzimática de la polifenol oxidasa del banano Gros Michel en diferentes estados de maduración. Universidad de Antioquía-Colombia. *Vitae*, 13(2): 13-19.
- Gomez-Lopez, V. 2002. Fruit characterization of high oil content avocado varieties. *Scientia Agricola*. 59(2):75-81.
- Gómez-López, V. 2002. Some biochemical properties of polyphenol oxidase from two varieties of avocado. *Food Chemistry*, 77(2), 163-169.
- Guzmán, G.; Dorantes, A.; Hernández, U.; Hernández, S.; Ortiz, A.; Mora, E. 2002. Effect of zinc and copper chloride on the color of

avocado puree heated with microwaves. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 3 : 47-53.

- Guzmán-Gerónimo, R. I., López, M. G., & Dorantes-Alvarez, L. 2008. Microwave processing of avocado: volatile flavor profiling and olfactometry. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(4), 501-506.
- Herrero, A.; Guardia, J. 1992. Conservación de frutos. Madrid. Multiprensa. 409p
- Horwitz, W.; Chichilo, P. and Reynolds, H. 1970. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. AOAC. Washington, U.S.A., 1015 p
- Huget, C. y U. Kaplaner. 1984. Estudio tecnológico para la formulación de un producto a base de paltas y su conservación por medio de la congelación y liofilización. Tesis Ingeniero Alimentos. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Recursos Naturales, Valparaíso, Chile. 102 p.
- Ibar, L. 1986. Cultivo del aguacate, chirimoyo, mango, papayo. 3^o Edition. Barcelona. Edit. Aedos. 175 p.
- Jaque, R. 2006. Efecto del calibre y la altura del fruto dentro del árbol sobre el contenido de aceite, en palta (*Persea americana Mill.*) cv. Hass y Fuerte. Seminario de Titulación (Ingeniero Agrónomo). Quillota, Chile: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 41 p.

- Jiménez, M.E., M.L. Zambrano y M.R. Aguilar. 2004. Estabilidad de pigmentos en frutas sometidas a tratamiento con energía de microondas. *Información Tecnológica* 15(3):61- 66.
- Kader, A. y M.L. Arpaia. 2007. Aguacate: Recomendaciones para mantener la calidad de postcosecha. University of California, Davis. Disponible en <http://postharvest.ucdavis.edu/index.html>. Leído el 25 de mayo de 2007.
- Kruger, J., P. Stassen and B. Snitjer. 1995. The Significance of oil and moisture as maturity paramaters for avocados. p. 285-288. In. A. Blumenfeld, M. Besser y A. BenYa`acov (Eds.). *Proceedings of The World Avocado Congress III*, Tel Aviv. october 22-27, 1995, Tel Aviv, Israel.
- Landahl, S., Meyer, M.D., Terry, L.A., 2009. Spatial and temporal analysis of textural and biochemical changes of imported avocado cv. Hass during fruit ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57, 7039–7047.
- Lee, S. 1981 A review and backround of avocado maturity standard. *California Avocado Soc., Yearbook*. 65: 101-109
- Loayza, D. Felles , J., Zúñiga , I. Gómez, R. Felles L. Sistemas de conducción intensivos en la rentabilidad del cultivo de palto cv. Hass. *Manejo De Técnicas Y De Cultivo Cultural Management And Techniques*. Universidad Jose Faustino Sanchez Carrion.
- McGuire, R. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*. 27 (12): 1254-1255.

- Meiselman, H.; Schutz, H. 2003. History of food acceptance research in the US. *Appetite* 40: 199–216.
- Mendieta, B.; Olaeta, J.; Pedreschi, R.; Undurraga, P. 2016. Reduction of cold damage during cold storage of Hass avocado by a combined use of pre-conditioning and waxing. *Scientia Horticulturae* 200 :119–124.
- Ministerio de Agricultura del Peru (MINAG). 2008. <http://siea.minag.gob.pe/siea/?q=la-palta-peruana>. Consultada el 27 de octubre del 2015.
- Muñoz, D. 2004. Desarrollo de una metodología de muestreo para la medición de aceite en palta (*Persea americana Mill.*) en dos cultivares. Taller de Licenciatura Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 41p.
- Nagalingam, T. 1993. The application of combined preservation techniques to maintain the quality and extend the shelf life of avocado. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy. University of Reading. Gran Bretaña.
- Olaeta, J. 1991. Industrialización de paltas. In: Curso internacional, producción, poscosecha y comercialización de paltas 1 – 6 p. Viña del Mar. 2 al 5 oct. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía.
- Olaeta, J. y P. Undurraga. 1995. Estimación del Índice de Madurez en Paltas (*Persea americana Mill.*). *Post Harvest Technologies Proceeding Guanajuato México* Pág. 421 - 425.

- Olaeta, J., F. Gardiazábal, O. Martínez. 1986. Variación estacional en el contenido de aceite y su relación con la palatabilidad en frutos de Palto (*Persea americana Mill.*). Agricultura técnica (Chile) 46(3): 365-367.
- Olaeta, J.A. 2003. Industrialización del aguacate: estado actual y perspectivas futuras. p. 749-754. In. Junta de Andalucía (Eds.). Actas V Congreso Mundial del Aguacate, Granada – Málaga. 19-24 octubre 2003, Granada – Málaga, España.
- Opazo, G., J.A. Olaeta y P. Undurraga. 2003. Caracterización histológica y bioquímica de desordenes fisiológicos en paltas (*Persea americana Mill.*) cv. Hass en almacenaje refrigerado, en dos estados de madurez. p. 653-658. In. Junta de Andalucía (Eds.). Actas V Congreso Mundial del Aguacate, Granada – Málaga. 19-24 octubre 2003, Granada – Málaga, España.
- Ortiz, A., R. Mora, T. Santiago y L. Dorantes. 2003. Obtención de una pasta de aguacate mediante tratamiento térmico. p. 761-768. In. Junta de Andalucía (Eds.). Actas V Congreso Mundial del Aguacate, Granada – Málaga. 19-24 octubre 2003, Granada – Málaga, España.
- Ortiz, A., R. Mora, T. Santiago y L. Dorantes. 2003. Obtención de una pasta de aguacate mediante tratamiento térmico. p. 761-768. In. Junta de Andalucía (Eds.). Actas V Congreso Mundial del Aguacate, Granada – Málaga. 19-24 octubre 2003, Granada – Málaga, España.

- Ozdemir, F., Topuz, A., 2004. Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. *Food Chemistry* 86, 79–83.
- Ozdemir, F., Topuz, A., 2004. Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. *Food*
- Palacios, J. y Razeto, B. 2005. Efecto de la clorosis férrica en el tamaño y la concentración de aceite en el fruto del palto (*Persea americana Mill.*), *Agricultura Técnica*, (on line). http://scielo-test.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072005000100013&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Palou, E., Hernández-Salgado, C., López-Malo, A., Barbosa-Cánovas, G. V., Swanson, B. G., & Welti-Chanes, J. 2000. High pressure-processed guacamole. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 1, 69–75.
- Parodi, G., M. Sánchez, W. Daga (2007). Correlación del contenido de aceite, materia seca y humedad de pulpa como indicadores de cosecha en frutos de palto (*persea americana Mill*) var. Hass cultivada bajo condiciones de dos localidades en chincha-Perú. En línea, en [avocadosource](http://www.avocadosource.com), [http://www.avocadosource.com/WAC6/es/Extenso/4a-174.pdf], consultado en 2016-09-04.
- Ramos-Villaruel, A. Y., Aron-Maftei, N., Martín-Belloso, O., & Soliva-Fortuny, R. 2014. Bacterial inactivation and quality changes of fresh-cut avocados as affected by intense light pulses of specific

spectra. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(1), 128-136.

- Richardson, T. y D. Hyslop. 1993. Enzimas. p. 415-536. In. O. Fennema (Eds.). *Química de los alimentos*. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Rodrigues, M.; lemma, A. 2005. *Planejamento de experimentos e otimização de processos: uma estratégia seqüencial de planejamentos*. Campinas: Casa do Pão, 326p.
- Rodríguez, M. 2008. *Aplicación del frío a la conservación de alimentos. Refrigeración y congelación*. Disponible en http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/mrgarcia/. Leído el 15 de marzo del 2008.
- Rodríguez-Carpena, J.; Morcuende, D.; Estévez, M. 2011. Avocado by-products as inhibitors of color deterioration and lipid and protein oxidation in raw porcine patties subjected to chilled storage. *Meat Science* 89 : 166–173.
- Salazar-García, S.; González-Durán, I.; Tapia-Vargas, L. 2011. Influencia del clima, humedad del suelo y época de floración sobre la biomasa y composición nutrimental de frutos de aguacate ‘Hass’ en Michoacán, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 17(2): 183-194.
- Schmidt-Hebbel, H. 1981. *Ciencia y tecnología de los alimentos*. 265 p. Ediciones Alfabeto, Santiago, Chile.

- Sippel, A.; Conradie, W.; Claassens, J. 1992. Growth rates of Pinkerton fruit. South African Avocado Growers' Association Yearbook. 15: 72-74.
- Soliva-Fortuny, R.; Grigelmo-Miguel, N., Odriozola-Serrano, I., Gorinstein, S., & Martín-Belloso, O. 2001. Browning evaluation of ready-to-eat apples as affected by modified atmosphere packaging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8), 3685-3690.
- Suarez, P.; Andreu, A.; Colman, L.; Clausen, A.; Feingolds, S. 2009. Pardeamiento enzimático: caracterización fenotípica, bioquímica y molecular en variedades de papa nativas de la Argentina. *Revista Latinoamericana de la Papa*. 15(1): 66-71
- Swarts, D. 1976 Determining the oil content of avocados (Resumen). *Horticultural Abstracts*. 46: 10689
- Takenaga, F., Matsuyama, K., Abe, S., Torii, Y., Itoh, S., 2008. Lipid and fatty acid composition of mesocarp and seed of avocado fruits harvested at northern range in Japan. *Journal of Oleo Science* 57, 591–597.
- Torres, J. A., Velazquez, G. 2005. Commercial opportunities and research challenges in the high pressure processing of foods. *Journal of Food Engineering*, 67, 95–112.
- Troncoso, J.L. y M. Aguirre. 2007 The influence of size, variety, destination port and month of sale in the export price of Chilean apples: a hedonic approach. *Spanish Journal of Agricultural Research* 5:25-30.

- Van Lelyveld, L.J., C. Gerrish and R.A Dixon. 1984. Enzyme activities and polyphenols related to mesocarp discoloration of avocado fruit. *Phytochemistry* 23:1531 -1534.
- Vaughn, K.C. and S.D. Duke. 1984. Tentoxin stops the processing of polyphenol oxidase into an active protein. *Physiol. Plant.* 60:257-261.
- Vicente, A. 2004. Efecto de tratamientos térmicos de alta temperatura sobre calidad y fisiología postcosecha de frutillas (*Fragaria x ananassa* Duch.). 235 p. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Exactas, Buenos Aires, Argentina.
- Vildósola, P. 2008. Efecto del escaldado sobre la calidad del puré congelado de palta cv. Hass, cosechada con dos índices de madurez. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía - Área de Poscosecha e Industrialización. Quillota-Chile. Disponible en: http://ucv.altavoz.net/prontus_unidacad/site/artic/20080814/asocfile/2008_0814111025/pvildosola.pdf
- Weemaes, L.R. Ludikhuyze, I.V.D. Broeck, M.E. Hendrickx, Effect of pH on pressure and thermal inactivation of avocado polyphenol oxidase: a kinetic study, *J. Agric. Food Chem.* 46 (1998) 2785–2792.
- Woolf, A.; Wibisono, R.; Judie, F.; Hallett I., Richter L., Oey I., Wohlers M., Zhou J., Graham C, Requejo-Jackman, C. 2013. Effect of high pressure processing on avocado slices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 18 : 65–73.

- Yahia, E.; Autonomous University of Queretaro, Mexico; Woolf, B.. 2011. Avocado (*Persea americana* Mill.). The New Zealand Institute for Plant & Food Research, New Zealand.
- Zambrano, J. y W. Materano. 1999. Efecto del tratamiento de inmersión en agua caliente sobre el desarrollo de daños por el frío en frutos de mango (*Mangifera indica* L.). *Agronomía Tropical* 49(1):81-92.

ANEXOS

ANEXO I

Datos y cálculos realizados para el modelamiento de la relación calibre, humedad y contenido de aceite en palta Hass de descarte por bajo calibre

Cuadro A. 1: Datos y cálculos para el modelamiento de la relación calibre, humedad y contenido de aceite en palta Hass de descarte por bajo calibre

MUESTRA	PESO (g)	HUMEDAD %	CONTENIDO DE ACEITE (%)
1	89.10	74.6965	7.6647
2	87.15	72.8085	8.8294
3	92.28	73.5111	8.3960
4	92.81	76.6388	6.4665
5	90.60	85.3732	1.0783
6	95.74	73.3196	8.5141
7	96.41	78.5980	5.2579
8	74.34	74.6917	7.6677
9	92.29	79.2098	4.8805
10	97.72	70.7259	10.1142
11	92.54	77.3108	6.0519
12	99.66	74.8327	7.5807
13	98.99	73.8336	8.1971
14	84.14	75.7599	7.0087
15	100.86	72.4645	9.0417
20	70.45	71.8507	9.4203
19	88.29	70.9434	9.9800
18	76.54	72.6229	8.9439

MUESTRA	PESO (g)	HUMEDAD %	CONTENIDO DE ACEITE (%)
17	88.15	72.9158	8.7633
16	74.70	70.5322	10.2337
21	97.95	76.8803	6.3176
22	90.20	71.8342	9.4305
23	90.55	69.9204	10.6111
24	86.38	82.6605	2.7518
25	76.63	74.4216	7.8343
26	82.37	72.8545	8.8011
27	88.30	73.1414	8.6241
28	87.69	70.3110	10.3701
29	99.66	74.3980	7.8488
30	99.30	74.3231	7.8951
31	84.14	70.8347	10.0471
32	89.86	71.9112	9.3830
33	76.56	70.6288	10.1741
34	100.07	71.0437	9.9182
35	94.62	75.8149	6.9748
36	92.61	67.8762	11.8722
37	96.51	70.5320	10.2338
38	90.71	73.5583	8.3669
39	97.87	73.8002	8.2177
40	104.86	73.2325	8.5679

MUESTRA	PESO (g)	HUMEDAD %	CONTENIDO DE ACEITE (%)
41	91.42	70.7426	10.1039
42	75.72	75.3896	7.2372
43	83.65	71.9172	9.3793
44	91.34	75.7260	7.0296
45	86.26	74.5863	7.7327
46	80.24	75.8723	6.9394
47	82.46	70.8347	10.0471
48	95.72	74.8327	7.5807
49	92.35	71.9112	9.3830
50	79.54	70.3110	10.3701
51	44.05	61.0653	16.0738
52	48.32	69.0008	11.1784
53	59.06	72.6895	8.9029
54	59.74	71.3753	9.7136
55	54.40	72.4783	9.0332
56	49.81	72.9283	8.7555
57	97.06	70.7813	10.0800
58	63.12	75.4308	7.2117
59	83.67	72.6230	8.9439
60	66.40	71.3497	9.7294
61	64.42	74.9314	7.5198
62	47.49	78.4782	5.3318

MUESTRA	PESO (g)	HUMEDAD %	CONTENIDO DE ACEITE (%)
63	58.85	65.6524	13.2440
MAXIMO	104.86	85.3732	16.0738
MINIMO	44.05	61.0653	1.0783
PROMEDIO	88.98	73.2306	8.5691

Cuadro A. 2: Datos de la determinación del contenido de aceite en la pulpa de palta Hass en las muestras seleccionadas para la elaboración de la curva de calibrado

MUESTRA	CALIBRE		HUMEDAD		CONTENIDO DE ACEITE	
	PESO (g)	N° DE PLACA	HUMEDAD %	PESO MUESTRA SECA (g)	EXTRACTO ETereo (g)	CONTENIDO DE ACEITE (%)
1	89.10	1	74.6288	3.0715	0.9518	7.8621
5	90.60	9	85.2923	2.9545	0.2187	1.0887
7	96.41	14	79.6867	3.0276	0.6966	4.6738
11	92.54	21	77.7541	3.0228	0.7860	5.7845
14	84.14	27	75.9817	3.0199	0.8423	6.6991
18	76.54	35	72.4652	3.0166	0.9860	9.0000
24	86.38	47	82.5806	3.0013	0.4823	2.7992
41	91.42	81	69.7284	3.1066	1.0998	10.7167

Anexo II

Datos obtenidos en el rendimiento de la elaboración de la pulpa de palta Hass

	Materia prima	Cascara	Pepa	Pulpa			
E1	2528	398	15.74%	120	4.75%	2010	79.51%
E2	2497	415	16.62%	117	4.69%	1965	78.69%
E3	2506	408	16.28%	132	5.27%	1966	78.45%
E4	2553	389	15.24%	112	4.39%	2052	80.38%
E5	2549	409	16.05%	123	4.83%	2017	79.13%
E6	2518	398	15.81%	111	4.41%	2009	79.79%
E7	2592	412	15.90%	126	4.86%	2054	79.24%
E8	2533	423	16.70%	102	4.03%	2008	79.27%
E9	2503	407	16.26%	128	5.11%	1968	78.63%
E10	2499	391	15.65%	130	5.20%	1978	79.15%
E11	2543	402	15.81%	124	4.88%	2017	79.32%
Promedio	2529.18	404.73	16.00%	120.45	4.76%	2004.00	79.23%
Desvesta	29.00	10.30	0.43%	9.19	0.38%	31.87	0.55%

ANEXO III

EVALUACION DE LA CALIDAD DE PULPA: Color instrumental

Cuadro A. 3: Color de las muestras de pulpa de palta de acuerdo al diseño experimental (Día 0)

Experimento	Tiempo	Temperatura	L*	a*	b*	C*	h°
E1	1,5	68	57.30	-13.88	35.78	38.38	111.2
E2	8,5	68	60.18	-14.02	36.21	38.83	111.16
E3	1,5	82	60.19	-12.31	35.42	37.50	109.67
E4	8,5	82	61.59	-12.38	35.22	37.33	109.87
E5	10	75	60.20	-13.18	35.84	38.18	110.19
E6	0	75	56.26	-14.30	36.18	38.91	111.56
E7	5	65	58.73	-16.64	36.65	40.25	114.42
E8	5	85	63.43	-13.95	36.62	39.18	110.86
E9	5	75	59.30	-12.47	35.96	38.06	109.19
E10	5	75	59.38	-12.46	35.93	37.98	109.2
E11	5	75	59.09	-12.44	35.96	38.11	109.17

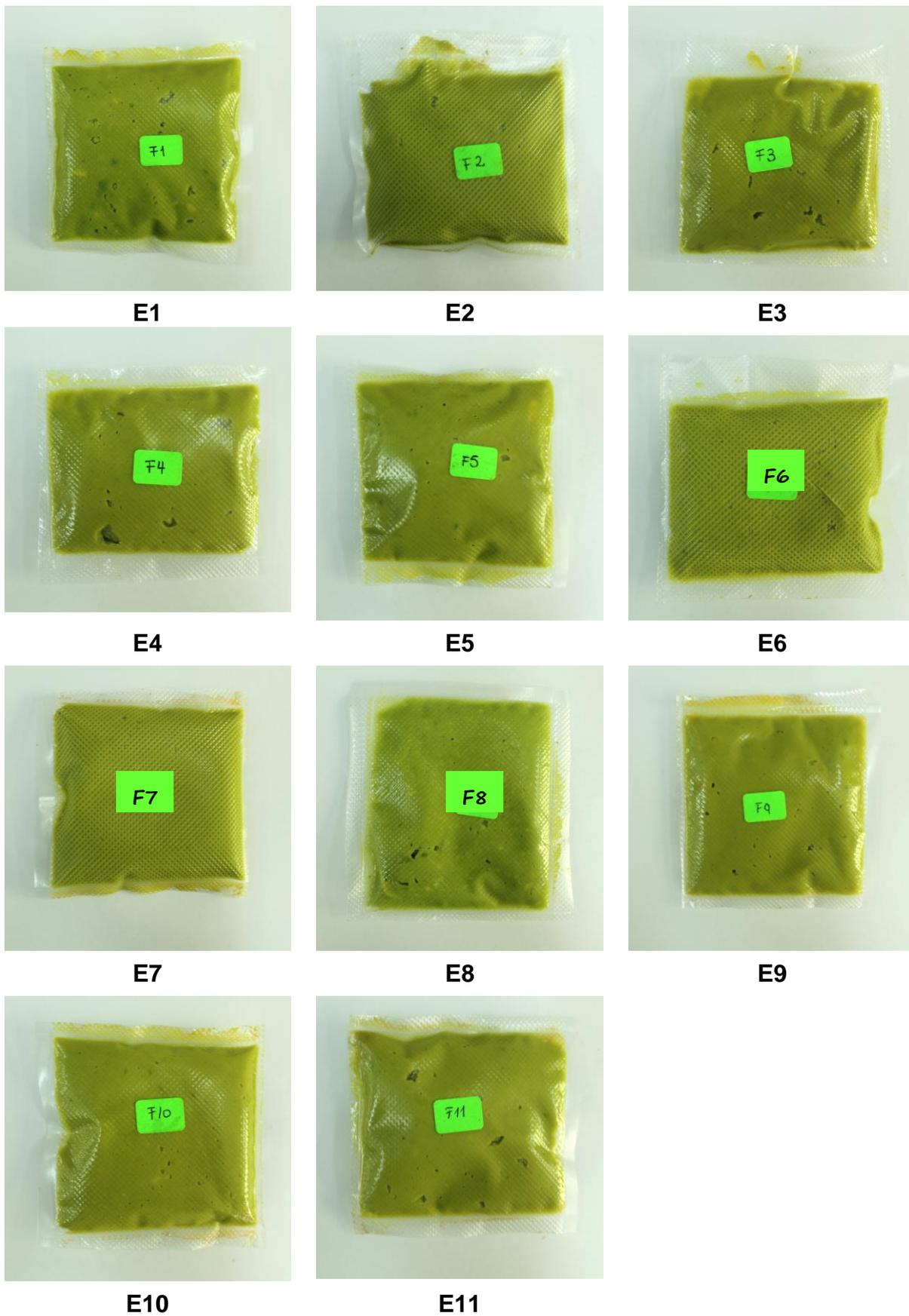


Figura A. 1: Muestras de pulpa de palta- Colorimetría (Dia 0)

Cuadro A. 4:Color de las muestras de pulpa de palta de acuerdo al diseño experimental (Día 7)

Experimento	Tiempo	Temperatura	L*	a*	b*	C*	h°
E1	1,5	68	60.30	-12.88	36.78	38.97	109.30
E2	8,5	68	60.18	-12.30	37.05	39.04	108.36
E3	1,5	82	60.19	-9.51	34.46	35.75	105.42
E4	8,5	82	61.59	-9.80	35.73	37.05	105.34
E5	10	75	60.20	-9.78	35.04	36.38	105.60
E6	0	75	56.26	-3.52	33.29	33.47	96.04
E7	5	65	58.73	-12.89	35.17	37.46	110.13
E8	5	85	63.43	-12.05	36.04	38.00	108.49
E9	5	75	59.30	-2.68	33.48	33.59	94.58
E10	5	75	59.38	-5.20	33.12	33.52	98.93
E11	5	75	59.09	-5.11	34.48	34.86	98.43

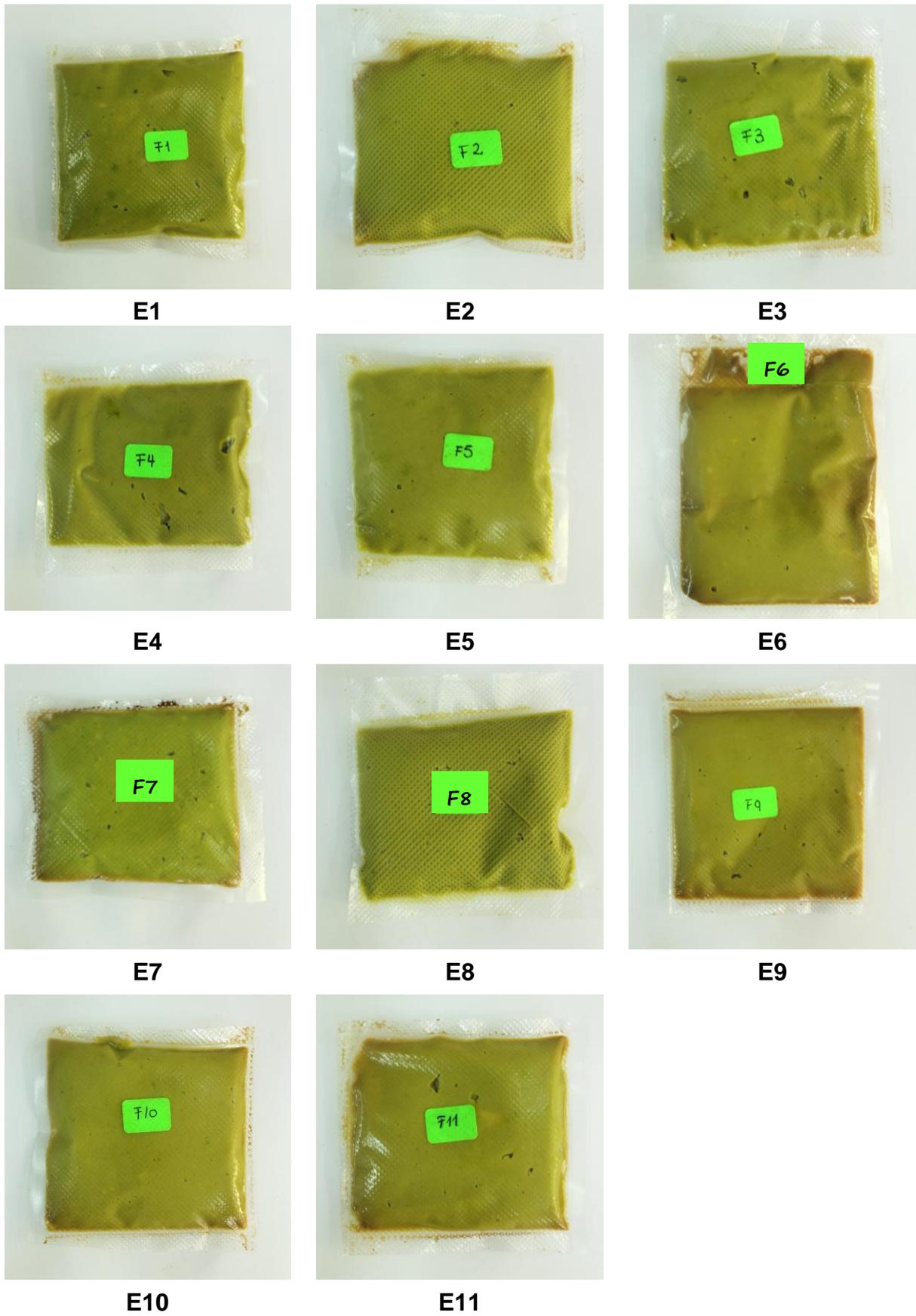


Figura A. 2: Muestras de pulpa de palta- Colorimetría (Día 7)

Cuadro A. 5: Color de las muestras de pulpa de palta de acuerdo al diseño experimental (Día 14)

Experimento	Tiempo	Temperatura	L*	a*	b*	C*	h°
E1	1,5	68	59.03	-11.04	37.32	38.92	106.48
E2	8,5	68	59.51	-10.30	36.73	38.15	105.66
E3	1,5	82	60.04	-9.51	34.46	35.75	105.42
E4	8,5	82	61.59	-9.80	35.73	37.05	105.34
E5	10	75	60.20	-9.78	35.04	36.38	105.60
E6	0	75	53.69	-3.52	33.29	33.47	96.04
E7	5	65	56.73	-12.89	35.17	37.46	110.13
E8	5	85	63.43	-12.05	36.04	38.00	108.49
E9	5	75	57.30	-2.68	33.48	33.59	94.58
E10	5	75	57.38	-5.20	33.12	33.52	98.93
E11	5	75	57.09	-5.11	34.48	34.86	98.43

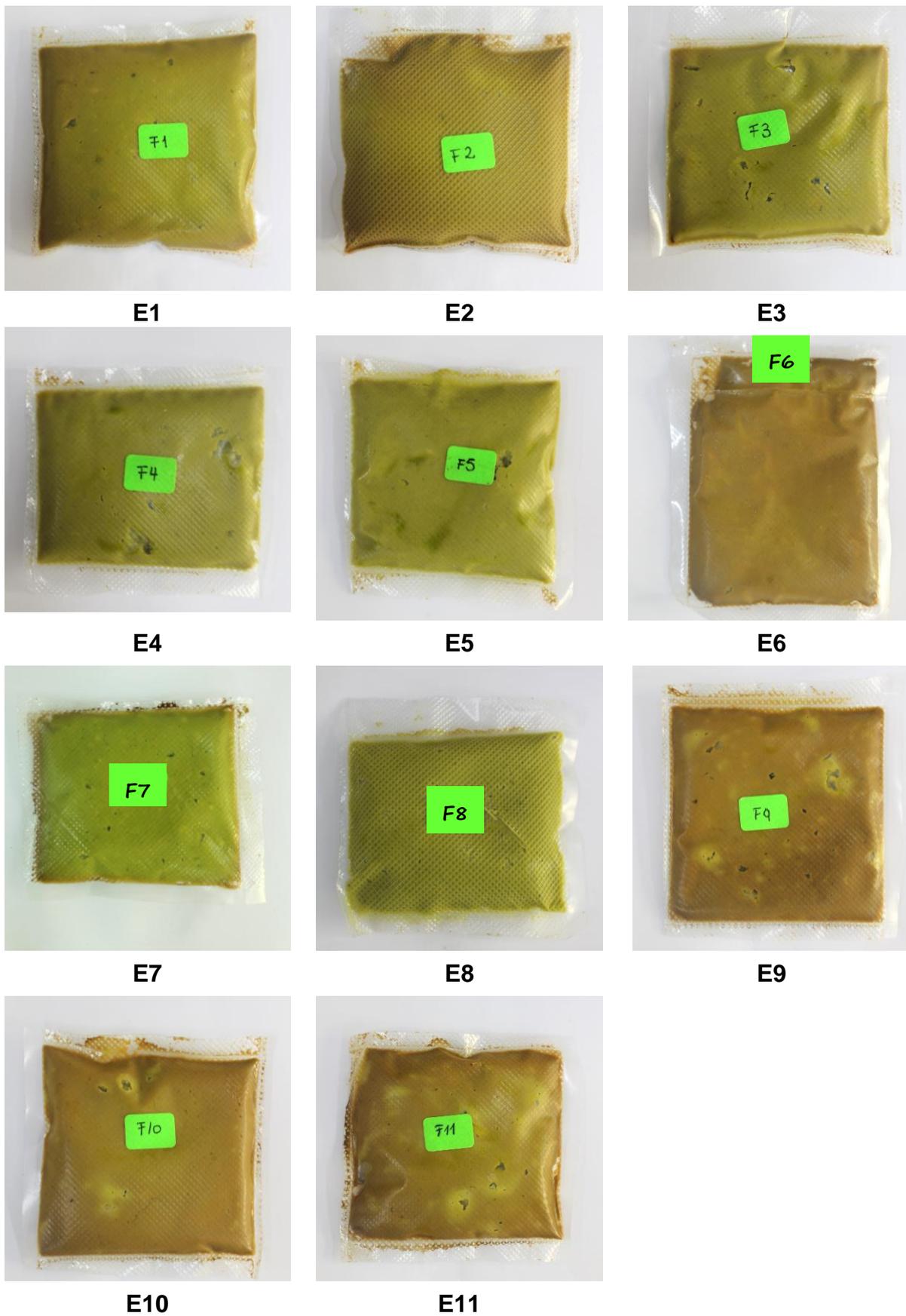


Figura A. 3: Muestras de pulpa de palta- Colorimetría (Dia 14)

Cuadro A. 6: Color de las muestras de pulpa de palta de acuerdo al diseño experimental (Día 21)

Experimento	Tiempo	Temperatura	L*	a*	b*	C*	h°
E1	1,5	68	57.49	-9.33	39.74	40.82	103.21
E2	8,5	68	57.85	-2.55	32.73	32.83	94.45
E3	1,5	82	59.02	-3.06	33.62	33.76	95.19
E4	8,5	82	64.74	-7.30	34.67	35.43	101.89
E5	10	75	64.65	-7.53	34.61	35.42	102.27
E6	0	75	49.44	3.18	28.45	28.63	83.62
E7	5	65	53.60	-4.99	31.55	31.95	98.99
E8	5	85	67.38	-10.52	37.56	39.00	105.64
E9	5	75	52.60	3.56	29.64	29.86	83.15
E10	5	75	52.15	4.55	30.54	30.88	81.52
E11	5	75	54.58	1.72	30.38	30.43	86.76

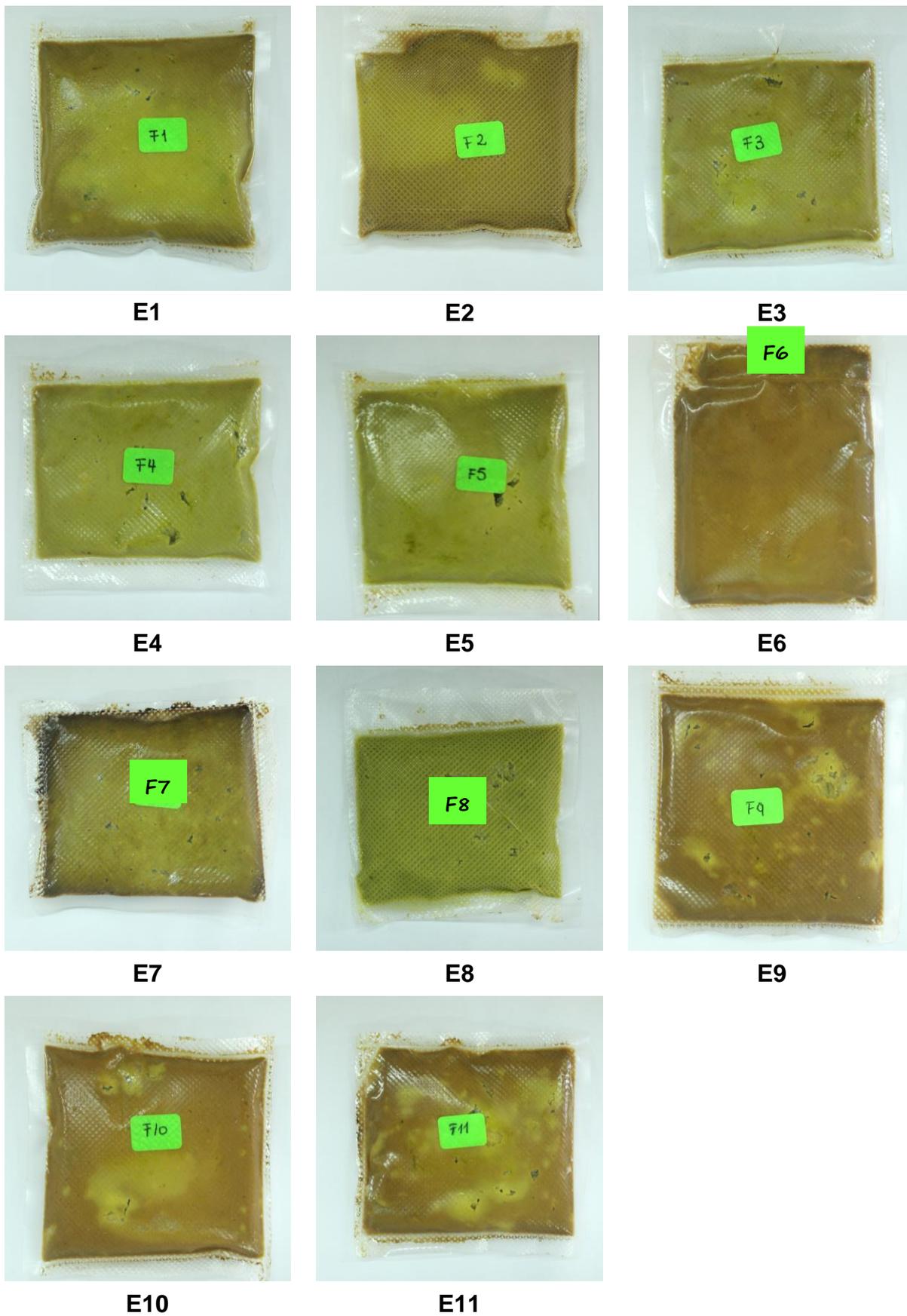


Figura A. 4: Muestras de pulpa de palta- Colorimetría (Dia 21)

Cuadro A. 7: Color de las muestras de pulpa de palta de acuerdo al diseño experimental (Día 28)

Experimento	Tiempo	Temperatura	L*	a*	b*	C*	h°
E1	1,5	68	53.23	-7.77	40.71	41.45	100.81
E2	8,5	68	54.71	-0.10	30.47	30.47	90.19
E3	1,5	82	57.07	0.10	31.23	31.23	89.81
E4	8,5	82	62.58	-6.12	32.48	33.06	100.67
E5	10	75	62.59	-6.80	35.43	36.08	100.86
E6	0	75	49.64	2.75	26.58	26.72	84.08
E7	5	65	51.88	-4.67	29.52	29.89	98.98
E8	5	85	65.75	-10.08	37.21	38.55	105.16
E9	5	75	47.65	5.31	25.35	25.90	78.16
E10	5	75	47.69	5.62	25.29	25.91	77.46
E11	5	75	47.98	5.82	26.13	26.77	77.44

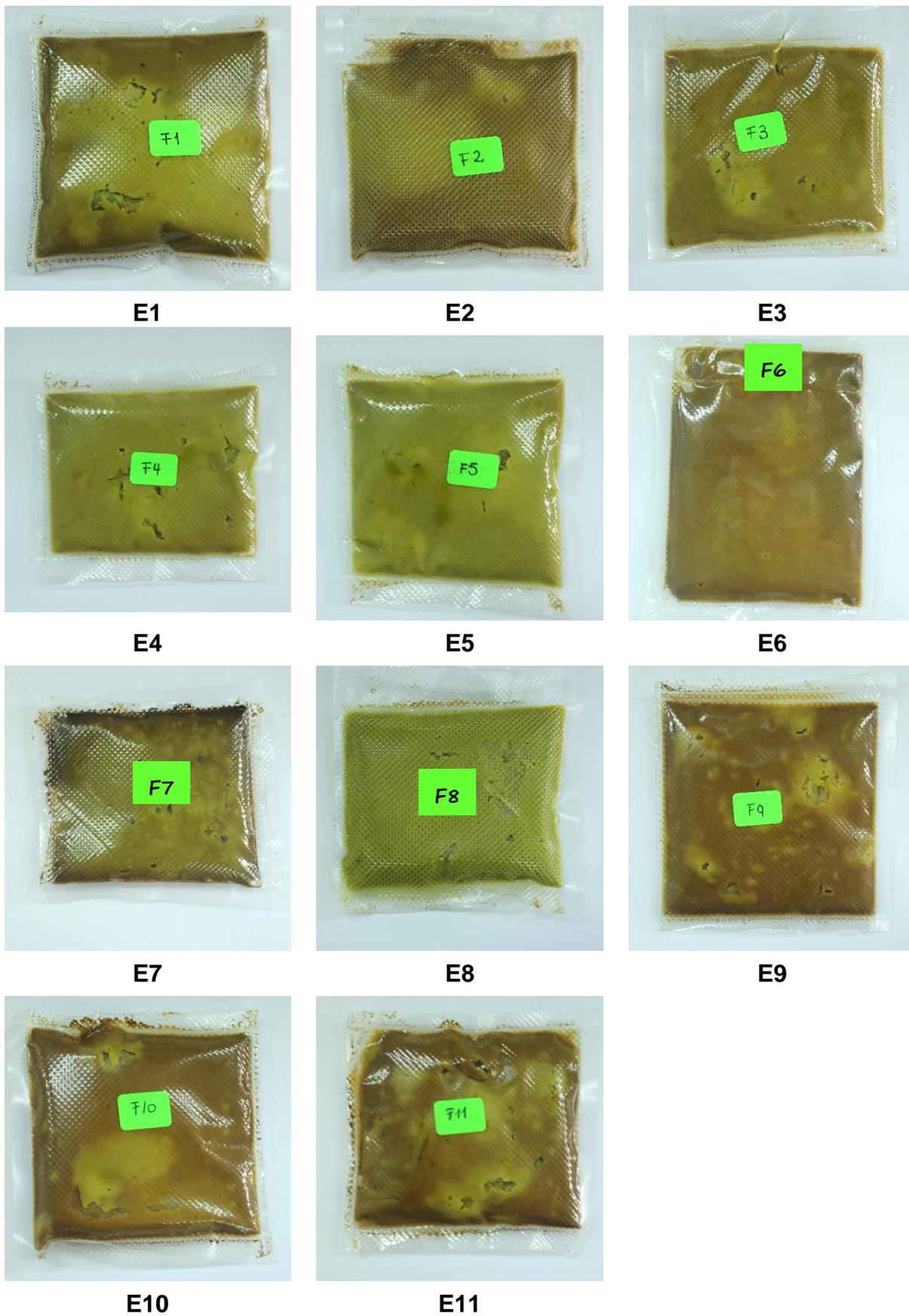


Figura A. 5: Muestras de pulpa de palta- Colorimetría (Dia 28)

Cuadro A. 8: Color de las muestras de pulpa de palta de acuerdo al diseño experimental (Día 35)

Experimento	Tiempo	Temperatura	L*	a*	b*	C*	h°
E1	1,5	68	52.69	-7.58	43.06	43.73	99.98
E2	8,5	68	53.32	1.60	30.58	30.62	87.00
E3	1,5	82	55.96	1.46	33.71	33.74	87.51
E4	8,5	82	64.48	-4.51	34.17	34.47	97.52
E5	10	75	65.49	-6.60	35.37	35.98	100.57
E6	0	75	45.57	3.98	25.07	25.38	80.97
E7	5	65	49.50	-2.46	26.41	26.53	95.33
E8	5	85	68.25	-10.18	39.85	41.13	104.33
E9	5	75	46.53	5.49	27.20	27.75	78.59
E10	5	75	46.18	5.62	27.39	27.96	78.40
E11	5	75	46.89	5.30	27.89	28.39	79.23

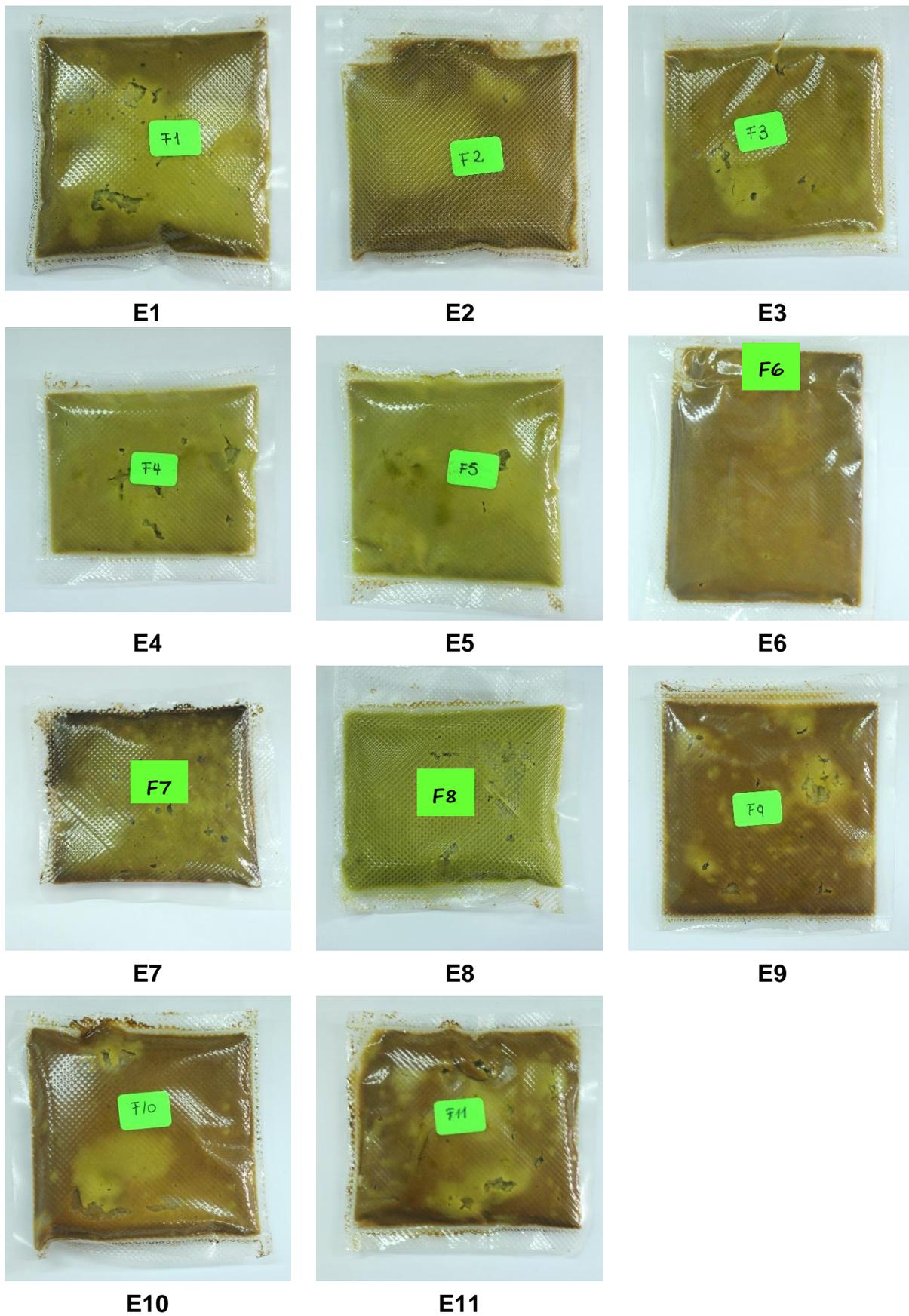


Figura A. 6: Muestras de pulpa de palta- Colorimetría (Dia 35)

Cuadro A. 9: Color de las muestras de pulpa de palta de acuerdo al diseño experimental (Día 49)

Experimento	Tiempo	Temperatura	L*	a*	b*	C*	h°
E1	1,5	68	51.51	2.20	28.61	28.70	85.60
E2	8,5	68	52.38	2.38	26.71	26.82	84.92
E3	1,5	82	53.51	3.08	29.70	29.86	84.07
E4	8,5	82	61.47	-3.37	32.60	32.78	95.90
E5	10	75	63.13	-6.46	39.69	40.22	99.24
E6	0	75	40.35	4.64	20.73	21.24	77.39
E7	5	65	45.52	-2.59	24.48	24.62	96.03
E8	5	85	66.67	-9.54	37.53	38.72	104.26
E9	5	75	44.79	6.06	29.60	30.21	78.43
E10	5	75	45.38	5.53	29.70	30.21	79.45
E11	5	75	45.26	5.36	29.44	29.92	79.68

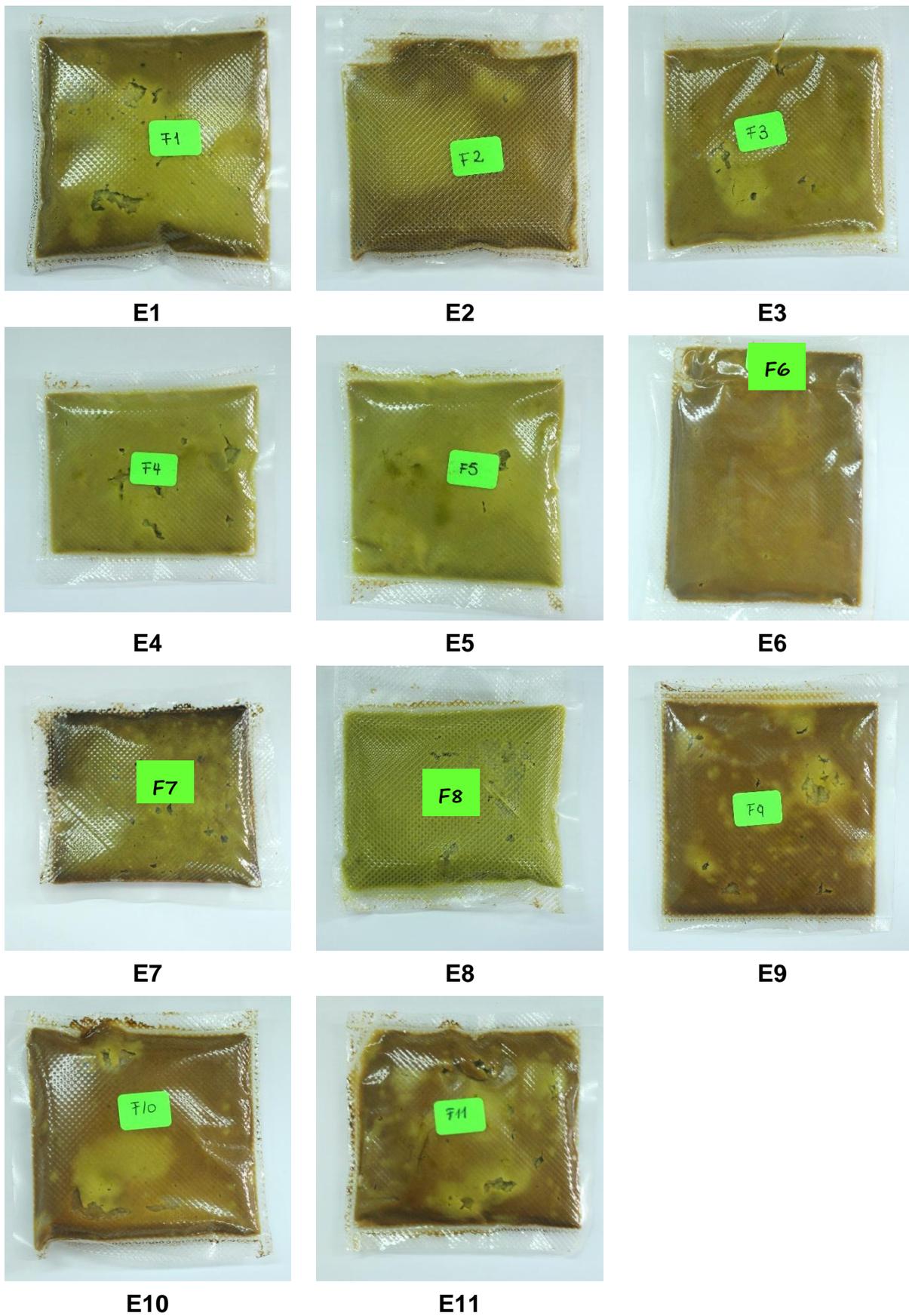


Figura A. 7: Muestras de pulpa de palta- Colorimetría (Dia 49)