

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“OPTIMIZACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS
Y SENSORIALES EN LA CALIDAD Y VIDA ÚTIL DEL
YACÓN (*Smallanthus sonchifolia*) MINIMAMENTE
PROCESADO”**

**Tesis para optar el Título de
INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

Presentado por:

Bach. Felicitas AYALA TAIPE

AYACUCHO – PERÚ

2017

DEDICATORIA

A DIOS fuente de vida y sabiduría

A mis queridos Padres JOSÉ y JUANA por su paciencia y sacrificio día a día durante mi formación académica, sin el cual no hubiese sido posible culminar mis objetivos.

A mis queridos hermanos por estar siempre en los buenos y malos momentos dándome su apoyo y sus sabios consejos para realizar todos mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

- *A mi alma mater Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a mis docentes de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, de manera especial a los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Agroindustrial por su empeño y esfuerzo que me brindaron durante mis estudios.*
- *A mi asesor, Ing. Joaquín B. Hernández García por su apoyo incondicional en el desarrollo y culminación de este trabajo de tesis.*
- *A mis hermanos, amigos y a todos quienes contribuyeron de una u otra forma en mi formación profesional.*

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	
I INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	2
II REVISION DE LITERATURA	
2.1 EL YACON (<i>Smallanthus sonchifolia</i>)	3
2.1.1 Generalidades	3
2.1.2 Taxonomía	4
2.1.3 Ecotipos	4
2.1.4 Producción y ubicación geográfica	4
2.1.5 Composición fisicoquímica	5
2.1.6 Alternativas de industrialización	7
2.1.7 Comercialización, uso y aplicaciones	8
2.2. PROCESAMIENTO MINIMO DE VEGETALES	10
2.2.1 Generalidades	10
2.2.2 Factores que intervienen en la calidad de productos mínimamente procesados	11
2.2.3 Métodos para alargar la vida útil de productos mínimamente Procesados	15
2.3 VITAMINA C COMO PARÁMETRO DE DETERIORO EN LA VIDA DE ANAQUEL	18
2.3.1 Propiedades	19
2.3.2 Pérdida de vitamina C	19

2.3.3	Funciones biológicas y usos	20
2.3.4	Cuantificación de la vitamina C por espectrofotometría	21
2.4	ENVASES	21
2.4.1	Polímeros plásticos	21
2.4.2	Film y su efecto en la fruta	23
2.5	VIDA DE ANAQUEL	24
2.6	EVALUACIÓN SENSORIAL	25
2.6.1	Tipos de pruebas utilizadas en el análisis sensorial	26
2.6.2	Formación del panel de degustadores	28
III	MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1	MATERIALES	29
3.1.1	Materia prima	29
3.1.2	Reactivos	29
3.1.3	Materiales de laboratorio	30
3.1.4	Materiales de envase	31
3.1.5	Equipos e instrumentos	31
3.2	MÉTODOS DE ANÁLISIS FISCOQUIMICOS	31
3.2.1	Análisis fisicoquímico de la materia prima y producto final	31
3.2.2	Análisis sensorial	32
3.3	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE YACÓN MINIMAMENTE PROCESADO	33
3.4	DISEÑO EXPERIMENTAL	40
3.4.1	Determinación de la temperatura, tiempo, tipo de envase y del	40

	tipo de presentación en el tratamiento del yacón mínimamente procesado	
3.4.2	Determinación de la vida útil del yacón mínimamente procesado	40
3.5	DISEÑO ESTADÍSTICO	41
3.5.1	Determinación de la temperatura, tiempo, tipo de envase y del tipo de presentación en el tratamiento del yacón mínimamente procesado	41
3.5.2	Determinación de la vida útil del yacón mínimamente procesado	43
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1	CARACTERIZACIÓN DEL YACÓN	45
4.1.1	Caracterización física del yacón	45
4.1.2	Caracterización fisicoquímica del yacón	46
4.2	TRATAMIENTO DEL YACÓN DURANTE EL PROCESAMIENTO MÍNIMO	47
4.2.1	Efecto de la temperatura, tiempo, presentación y tipo de envase sobre la conservación de la vitamina C	48
4.2.2	Efecto de la temperatura, tiempo, presentación y tipo de envase sobre la variación de acidez titulable	61
4.2.3	Efecto de la temperatura, tiempo, presentación y tipo de envase en la variación del atributo Olor	72
4.2.4	Efecto de la temperatura, tiempo, presentación y tipo de envase	85

	sobre la variación del atributo Color	
4.3	DETERMINACION DE LAS CONDICIONES OPTIMAS PARA EL YACÓN MINIMAMENTE PROCESADO	104
4.4	EVALUACION DEL YACÓN MINIMAMENTE PROCESADO	107
4.4.1	Evaluación de la Vitamina C en el yacón mínimamente procesado	107
4.4.2	Evaluación de la acidez titulable en el yacón mínimamente procesado	110
4.4.3	Evaluación de la razón de pérdida de peso en el yacón mínimamente procesado	111
4.4.4	Evaluación del análisis sensorial en el yacón mínimamente procesado	113
4.5	DETERMINACION DE LA VIDA UTIL DEL YACÓN MINIMAMENTE PROCESADO ALMACENADA EN REFRIGERACION	113
4.5.1	Evaluación de la vida útil en función al análisis sensorial	114
4.5.2	Evaluación de la vida útil en función de la Vitamina C	115
V	CONCLUSIONES	117
VI	RECOMENDACIONES	118
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
	ANEXOS	124

RESUMEN

Se determinó los parámetros óptimos en la vida útil del yacón mínimamente procesado, trabajándose con Yacón proveniente del VRAEM siendo las características fisicoquímicas: pH (6,48), sólidos solubles (9,25 °brix), vitamina C (15,50 mg/100g), acidez titulable (0,22 % ácido cítrico) y textura (3,48 libras de penetración), siendo las etapas: Recepción, lavado y selección, desinfección 1, pelado y cortado (rodajadas y cubitados), desinfección 2, enjuague, escurrido, pesado, envasado (envases de tecnopor, plástico y sin envase) y almacenado.

El estudio de la vida en anaquel del producto obtenido, fue bajo las siguientes condiciones (3 °C, 5 °C y 7°C en envases de tecnopor, plástico y sin envase) por 8 días. Las muestras fueron evaluadas mediante la test hedónica con un panel de 20 personas no entrenadas para evaluar el color y olor. La retención de vitamina C y la acidez titulable, evaluadas cada dos días; los resultados fueron tratados estadísticamente usando del diseño factorial cuadrático a (3°C, 5°C y 7°C), a 2, 4 y 6 días y en envases de (tecnopor, plástico y sin envase), en dos presentaciones (rodajas y cubos); para determinar el mejor tratamiento.

Los resultados de la evaluación sensorial (color y olor), la determinación de la retención de vitamina C y acidez titulable a los diferentes tratamientos fueron analizados mediante el uso del Software Design Expert 7.0; obteniéndose como el parámetro óptimo con un 79% de conveniencia el tratamiento siguiente (yacón en rodajas, en envase de tecnopor, almacenadas a 3°C por

un tiempo de 6 días), cuya retención de vitamina C fue de 10.24 mg/100 gr de muestra.

Palabras claves: Yacón mínimamente procesado, test hedónico, parámetro óptimo. Software Desing Expert 7.0.

I. INTRODUCCION

En la actualidad los estilos de vida y la explosión demográfica conllevan a reducir el tiempo para preparar los alimentos así como las nuevas costumbres de alimentación, las que han ocasionado un incremento en el consumo de productos listos para comer, como las frutas y hortalizas mínimamente procesadas, que son generalmente reconocidos como alimentos sometidos a ligeros cambios en sus condiciones naturales, los cuales poseen características de productos naturales.

En tal sentido, uno de los mayores retos que enfrenta el procesamiento mínimo de vegetales es el de poder combinar adecuadamente distintos factores de preservación a fin de generar productos inocuos, pero que al mismo tiempo garanticen las características de frescura que desea el consumidor (Tapia *et al.*, 1996)

El yacón se consume fresco y mejor sería si se presenta listo para comer. Por lo tanto, el procesamiento mínimo es una manera de hacer frutas convenientes, a fin de satisfacer en lo posible las exigencias del consumidor moderno o para facilitar su consumo a determinados grupos de consumidores. Tomando en cuenta las consideraciones descritas anteriormente y con el interés de proponer nuevas alternativas para el yacón, el propósito de dicho trabajo se fundamentó en optimizar variables para el procesamiento mínimo de yacón, basado en la conservación por refrigeración de sus características fisicoquímicas, evaluando el efecto de la temperatura, forma de presentación y el tipo de envase en la calidad de este nuevo producto.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ❖ Determinar los parámetros fisicoquímicos y sensoriales en la calidad y vida útil del yacón (*Smallanthus sonchifolia*) mínimamente procesado.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Determinar las características fisicoquímicas del yacón.
- ❖ Determinar la temperatura y tipo de envase adecuada durante el almacenamiento del yacón mínimamente procesado.
- ❖ Determinar la forma de presentación y tiempo adecuado de almacenamiento para la aceptabilidad del yacón mínimamente procesado.
- ❖ Evaluar la retención del contenido de vitamina C y las características fisicoquímicas del yacón mínimamente procesado durante el almacenamiento.
- ❖ Evaluar las características sensoriales como sabor, olor y color en el yacón mínimamente procesado.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. EL YACÓN (*Smallanthus sonchifolia*)

2.1.1. Generalidades

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) es una raíz originaria de la región Andina con enormes posibilidades de desarrollo para el mercado de alimentos funcionales. Su consumo reconstituye la microflora benéfica del colon, reduce el colesterol sanguíneo, mejora la asimilación de calcio, corrige el estreñimiento y fortalece el sistema inmunológico (Genta et al., 2009).

El yacón además es un alimento ideal para diabéticos y para personas que desean bajar de peso ya que su consumo no eleva la concentración de glucosa en la sangre y aporta muy pocas calorías a la dieta. Estas propiedades están fuertemente asociadas a los compuestos fenólicos y a los fructooligosacáridos (FOS), los cuales pueden variar su contenido en las raíces dependiendo de la variedad, el ambiente y su interacción (Manrique, comunicación personal). De igual modo se han reportado diferencias muy

grandes para el rendimiento de raíces que varían entre 16 y 100 t/ha (Seminario et al., 2003).

2.1.2 Taxonomía

La clasificación sistemática del yacón se presenta a continuación:

División	:	espermatofita
Sub división	:	angiosperma
Clase	:	dicotiledonea
Sub clase	:	metachlamideae
Orden	:	synandrea
Familia	:	compositae
Género	:	polymnia
Especie	:	<i>polimnia sonchifolia edulis</i>
Nombre científico	:	<i>smallanthus sonchifolia</i>

Fuente: Jiménez, M (1997)

2.1.3 Ecotipos

El INIA-Ayacucho, cuenta con 4 ecotipos en la actualidad:

- | | |
|------------------|---------------------|
| -Morado CCAS-001 | - Amarillo CCAS-002 |
| -Blanca CCAS-004 | - Rosado CCAS-006 |

2.1.4 Producción y ubicación geográfica

El yacón crece mejor en suelo franco arenoso (valles interandinos), suelos bastantes sueltos con alto contenido de materia orgánica y con una precipitación de 400 a 800 mm/año, un clima preferentemente templado de

16°C promedio de temperatura y con una altitud de hasta 3200 m.s.n.m, siendo óptimo su crecimiento en alturas entre los 2000 a 3000 m.s.n.m. Su crecimiento es rápido y requiere de poca atención, (Bellido, C 2002).

La planta de yacón llega a la madurez en un 95 % a los 6 – 7 meses, donde las flores se va marchitando y secando, a este tiempo las raíces son cosechadas. Estos están formados por una masa compacta de tallos cortos muy ramificados, rizomas de los cuales sale las raíces delgadas absorbentes, y un número apreciable de raíces almacenadoras que pueden llegar a medir varios centímetros de diámetro.

2.1.5. Composición fisicoquímica

Tabla 2.1: Composición química de la raíz de yacón (en 100 gr de porción comestible)

Componentes	Capito (2001)	Quinteros (2000)	Nieto (1991)	Silva & Cândido (2004)	Nelson & Spollen (1987).
Materia seca (g)	9,20	13,84	15,20	11,5	---
Proteína (g)	0,32	0,71	0,56	0,37	0,3
Grasa	0,08	0,03	0,02	0,02	0,3
Carbohidratos(g)	----	----	---	10,60	12,5
Fibra (g)	0,84	3,59	3,4	0,36	0,5
Cenizas (g)	0,41	---	0,53	0,50	0,3
Calcio (mg)	---	9,92	12,16	8,70	23

Cobre (mg)	---	---	0,001	---	---
Fierro (mg)	---	---	0,015	---	---
Zinc (mg)	---	---	0,059	---	---
Fósforo (mg)	---	12,28	20,00	24,00	21
Potasio (mg)	---	---	330	0,23	---
Sodio (mg)	---	---	1,50	---	---
Á. ascórbico (mg)	---	8,26	---	---	13,1
Energía (Kcal)	---	---	---	17,40	54,0
Agua(g)	---	---	---	---	86.6

Fuente: (Chirinos, R 1999)

Muchos investigadores al comparar el yacón con otras raíces frescas, dan como conclusión que el yacón posee un elevado contenido de agua (79 a 87%) poca proteína (0,2 a 2,2%) y carbohidratos (12 a 19%) de los que tiene un 20 % de azúcar (siendo en mayor cantidad la inulina), en cuanto a cenizas (4 a 7 %), grasa (0,1 a 0,8 %), fibra (4 a 6%), (Bellido, C 2002).

Estudios efectuados en Japón sobre la composición química del yacón, reportaron las siguientes conclusiones, (Tapia, D 1990).

- Comparándolas con tubérculos papa, alcachofa etc, el yacón tiene una humedad alta, nitrógeno bajo, fósforo intermedio y alto contenido de calcio.
- Azúcares libres, solo fructosa, glucosa y sacarosa (contenido total 29 %).

- Aminoácidos libres como asparagina, glutamina, prolamina y arginina, responsables del 87 % de nitrógeno de los 21 compuestos nitrogenados libres alcanzando cerca del 65 % del nitrógeno total.
- El hidrolizado del polisacárido (fraccionado) contuvo casi el mismo número de glucosa y fructosa. Se considera que el polisacárido y la inulina deben existir en el yacón.

Durante el crecimiento la glucosa y la sacarosa disminuyen, mientras que la oligofructosa aumenta. En la cosecha la oligofructosa aumenta a 76% de la masa seca. La inulina y el almidón corresponden en el tubérculo a menos del 0,23 % y 0,04% de la materia seca respectivamente, (Chirinos, R 1999).

En cuanto al contenido de minerales en el estudio desarrollado por Bellido (2002) en 10 líneas de yacón encontró los que más destacan son el potasio (2,2%), fósforo (0,12%) hierro (96 ug/100g) y zinc (390 ug/100g) se encontraron también otros elementos como el magnesio (0,09%), sodio (0,013%), calcio (0,08%) y el cobre (9 ug/100g, siendo el manganeso el único elemento que no se encontró en las raíces de yacón.

Entre las vitaminas las que se presenta en mayor cantidad es la vitamina C (13,1 mg/100g), seguida de la tiamina (20 ug/100g) y la niacina (340 ug/100g), (Bellido, C 2002).

2.1.6. Alternativas de industrialización

El yacón almacena carbohidratos en forma de oligofructanos tipo inulina, siendo el yacón una buena fuente de oligofructanos, ya que este presenta

un contenido total de oligofruktanos entre 59,6% y 74,6 % en base seca, por lo tanto un buen material para la producción de fructosa, (Chirinos, R 1999).

Existen en el mercado internacional tres usos potenciales del yacón, estos son

- a) Como raíz fresca
- b) Como fuente de inulina y
- c) Como fuente de fructosa.

Actualmente la inulina, presenta una amplia gama de posibilidades de industrialización, esta puede ser usada como fuente alimenticia, como un ingrediente en alimentos, en medicina, en el campo farmacéutico, así como en otras aplicaciones, (Jiménez, M 1997).

La inulina es usada con propósitos médicos como reactante en un test para la medida de la función renal, pero para ello se hace necesario producir una inulina extremadamente pura con un DP (grado de polimerización) mayor a 20 (Nelson y Spollen, 1987).

Todos estos productos tienen un potencial mercado de exportación en Europa, Norteamérica y Japón.

2.1.7. Comercialización, uso y aplicaciones

El mayor uso en forma tradicional es de la siguiente manera:

- Fresco como fruta (cocashca – Inti Raymi; todos los Santos).

- Ensaladas de frutas (plátano, naranjas, papaya, etc).
- Fresco procesado mínimamente
- Harina, chancaca y guisos.
- Frutas secas.

El uso que se tiene con el yacón para caso de diabéticos se utiliza de dos formas; primero consumiendo el producto fresco, es decir la raíz que es dulce y se come crudo, de esa manera se va a sentir la propiedades hipoglicemiantes, es decir bajar la concentración de azúcar en la sangre, como también se puede utilizar las hojas en forma de mate. También se utilizan contra las afecciones renales, afecciones asmáticas, arteriosclerosis, cáncer del colon, por su contenido de minerales que son el calcio, fósforo, hierro, vitaminas y aminoácidos esenciales.

El yacón es una raíz comestible y es frecuentemente seleccionado y añadido a salsas proporcionando textura y gusto, la raíz cruda se está empaquetando como zanahorias para su venta en las tiendas. (Bellido, C 2002).

Bellido, C (2002), señala que en el mercado internacional existen tres usos potenciales del yacón como: raíz fresca, fuente de inulina y fuente de fructosa.

2.2. PROCESAMIENTO MÍNIMO DE VEGETALES

2.2.1. Generalidades

Son productos *in natura* prontas para el consumo o usados en la preparación de otros platos. (Kader et al., 1989).

Muchos son los sinónimos para los productos “mínimamente procesados”. Puede destacarse entre ellos los siguientes: “levemente procesadas”, “parcialmente procesadas”, “prontas para el uso”, “cortadas y frescas”, etc. (Cantwell, M 1992).

De acuerdo con Chitarra, M (1998), los productos mínimamente procesados son más sensibles al deterioro que los productos naturales, porque pierden el tejido protector (cáscara) que cumple el efecto de barrera física contra la invasión microbiana; el corte de los tejidos libera nutrientes que sirven de alimento a los microorganismos, acelerando el desarrollo de estos; el manipuleo excesivo también torna al producto más susceptible a la invasión microbiana. Las operaciones involucradas en el procesamiento mínimo incluyen selección, lavado, descascarado, corte y envasado, buscando obtener un producto fresco, conveniente, que pueda ser preparado y consumido en menos tiempo.

2.2.2. Factores que intervienen en la calidad de productos mínimamente procesados.

a) Temperatura

En los productos procesados en fresco, la temperatura, es el principal parámetro para mantener una adecuada calidad visual, reducir la respiración, frenar el ablandamiento y reducir el crecimiento microbiano (Artés *et al.*, 2002; Kader *et al.*, 1989).

Las bajas temperaturas minimizan las diferencias en la respiración y emisión de etileno entre un producto procesado en fresco y el intacto del cual procede (Cantwell & Suslow, 2002).

Pirovani *et al.* (1998) y Gillian *et al.* (1999); recomiendan el almacenamiento del producto envasado en torno a los 4°C y un 70-80% de HR. Y Watada *et al.* (1996) aconsejan un rango entre 0 y 5°C.

Temperaturas excesivas (>7°C) o una refrigeración inadecuada, son las principales factores para el desarrollo de patógenos en un producto procesado (Brackett, 1999).

Los microorganismos relacionados con los alimentos, se pueden dividir en 3 grupos importantes (Wiley, C 1994):

- Psicrótrofo, capaces de crecer a temperaturas de refrigeración.
- Mesófilas, crecen a temperaturas templadas pero no crecen o lo hacen lentamente a temperaturas de refrigeración.
- Termófilos, crecen a temperaturas muy altas.

La utilización de la temperatura para productos mínimamente procesados se basa en la idea de que a bajas temperaturas retardan el crecimiento de la mayoría de los microorganismos y ayudan a reducir las actividades enzimáticas (Kader, A, 2000).

b) Humedad y Actividad de Agua (A_w)

Por regla general las frutas frescas tienen una A_w de 0.95 o superior, lo que hace que pueda crecer casi cualquier microorganismo relacionado con este tipo de alimentos. Otro aspecto importante que puede afectar al desarrollo microbiano es la humedad relativa que rodea al producto (Cantwell, 1992)

Se reconoce que entre mayor es el contenido de agua de un alimento, mayor es la velocidad de deterioro de éste. Para cada microorganismo existe un valor crítico de actividad de agua en el cual su metabolismo se ve afectado dañando su crecimiento (Parada *et al.*, 1995).

El almacenamiento a bajas humedades relativas puede conducir a la deshidratación y retracción de los productos. Estos productos, se infectan más por algunos microorganismos. Además, las bajas humedades durante el almacenamiento pueden también seleccionar el desarrollo de hongos que son capaces de tolerar ambientes con A_w más bajas. El almacenamiento con elevadas humedades puede afectar a la microflora al posibilitar que se condensen gotas de agua sobre los productos. Este líquido puede permitir que cualquier microorganismo presente se difunda más rápidamente a estos productos además también puede servir como producto de caldo de cultivo (Rosen, J, 1989).

c) Transpiración

La transpiración y por consiguiente la pérdida de agua, puede acarrear un rápido descenso de la condición, atributo de calidad que generalmente se relaciona al grado de frescura y de envejecimiento o madurez de un producto. (Surriba, 1995).

d) Respiración

Es la degradación total de los carbohidratos a CO_2 , H_2O y energía. Los sustratos de esta degradación, en condiciones aeróbicas, son las hexosas sencillas u otros compuestos orgánicos, como ácidos y grasas. (Braverman, J, 1998).

La respiración tiene como funciones primarias la liberación de energía química almacenada como azúcares, lípidos y otros sustratos, y la formación de esqueletos de carbono que puedan ser usados en varias reacciones de síntesis y mantenimiento. Efecto de la que se emplea los sustratos almacenados en el producto, se consume O_2 del entorno y se producen CO_2 , agua, y calor, lo cual desemboca en una acción de autoconsumo. Ello, sin duda, permite tener un criterio suficiente acerca del riesgo que significa almacenar productos con altas tasas respiratorias y, por supuesto, la necesidad de un rápido enfriamiento hasta la temperatura segura para almacenamiento (Braverman, J, 1998).

e) Etileno

El etileno es conocido como la hormona universal de la maduración. Es producida por la mayoría de las frutas y tiene efectos beneficiosos sobre la inducción de maduración de ellas, mientras que desarrolla evidencia de senescencia o envejecimiento en otros tejidos vegetales. (Yang, 1985).

f) Pardeamiento enzimático

Corresponde a la formación de compuestos coloreados (melanoides), debido a la oxidación enzimática de los fenoles a ortoquinonas, que a su vez se polimerizan formando los compuestos pardos. Las enzimas responsables son fenolasas, polifenol oxidasa, tirosinasas o catecolasas. Este proceso ocurre cuando los tejidos han sido dañados y existe oxígeno y cobre para la catalización de las reacciones por las enzimas (Richardson & Hyslop, 1993).

g) Microorganismos

Tanto las frutas como los vegetales son susceptibles a enfermedades causadas por grandes variedades de hongos y bacterias. Sin embargo, las frutas son más susceptibles al ataque de hongos debido a que estas son más ácidas. Conforme las frutas maduran se vuelven más dulces, la cáscara se ablanda y son menos ácidas, lo cual provoca que las barreras naturales disminuyen y se vuelvan más vulnerables al ataque por patógenos. La reducción de temperaturas disminuye la tasa de los organismos patógenos y se puede asegurar de esta forma la vida en almacenamiento y calidad del producto fresco. (Price & Floros, 1993).

h) Daño mecánico

Los daños mecánicos en frutas y hortalizas por efecto de compresión, impacto o vibración se pueden manifestar como magulladuras, roces o abrasión, deformación, cortes, punciones, fisuras o fracturas. Estos daños promueven la incidencia de enfermedades, aumento en las velocidades de respiración y producción de etileno y en consecuencia, menor calidad y vida postcosecha (Mittal, 1987).

i) pH

La acidificación de alimentos afecta la conformación de las proteínas, el camino de síntesis enzimática y los productos finales del metabolismo de los microorganismos. En el caso de frutas, el pH es lo suficientemente bajo para inhibir el crecimiento de bacterias, sin embargo levaduras y hongos pueden crecer, mientras que otro tipo de alimentos como cárnicos, leche, hortalizas al tener un pH mayor a 5.6 el riesgo de crecimiento de microorganismos incluso patógenos es alto (Alzamora, 1997).

2.2.3. Métodos para alargar la vida útil de productos mínimamente procesados

a) Atmósfera modificada

Al hablar de atmósfera modificada estamos hablando del efecto que tienen ya sea el oxígeno o el anhídrido carbónico o la combinación de los dos en el almacenaje de la fruta (Achondo, 1992)

La atmósfera modificada puede ser de dos formas pasiva y activa. En caso de la atmósfera modificada pasiva, el producto es acondicionado en embalajes y la atmósfera es modificada por la propia respiración del producto. La atmósfera modificada activa se da inyectando en el espacio libre del embalaje una mixtura gaseosa pre determinada.

Una de las ventajas de la atmósfera modificada activa es permitir la rápida estabilización de la atmósfera deseada. Otras de las formas de la atmósfera modificada activa es el envasado al vacío que es el método más simple de modificar la atmósfera interna de un envase. (Tapia *et al.* 1996).

b) Almacenamiento refrigerado

El control de temperatura es el factor más importante para minimizar los efectos de las lesiones de los tejidos en los productos mínimamente procesados. (Brecht, 1995).

Para estos productos la cadena de frío debe comenzar preferentemente, posteriormente a la cosecha, pues el pre enfriamiento de materia prima prolonga la vida útil de los mismos. Esta disminución de la temperatura aumenta la vida útil de los productos retardando los procesos fisiológicos (Wiley, C, 1994).

Las bajas temperaturas, durante el almacenamiento, retardan el metabolismo de los vegetales a través de la disminución de su tasa de respiración y reducción de sus actividades enzimáticas. Dentro de la

variación fisiológica de cada especie, la tasa respiratoria, normalmente aumenta con la elevación de la temperatura, principalmente en el rango de 5 a 20 °C. (Chitarra & Chitarra 1990).

c) Higienización con Cloro

El primer paso para la reducción de contaminación de los vegetales es la remoción de la superficie sucia de la cáscara, para su posterior corte, lavado e inmersión en una solución conteniendo un desinfectante. Este proceso de inmersión en un desinfectante reduce la carga microbiana inicial y consecuentemente, la población de patógenos. Esta operación se realiza empleando un desinfectante, como el cloro (Reyes, 1996).

Las concentraciones de 50 a 200 mg por litro de cloro son generalmente utilizados para desinfectar frutas y hortalizas frescas, bueno en productos mínimamente procesados en escala comercial. Tratamientos inadecuados con soluciones de cloro pueden no reducir, efectivamente, la población de microorganismo deteriorativos o patogénicos. La acción germicida del cloro en solución en agua es proporcional a la concentración de ácido hipocloroso no disociado y también depende del tiempo de contacto. La acción del ácido hipocloroso, se piensa que está ligado, a la aptitud de este compuesto a atravesar la pared de la célula microbiana, después que el ácido se combina con los constituyentes de la célula, especialmente con las enzimas. (Beuchat & Brackett, 1990)

d) Envasado

Es especialmente importante la selección correcta de la película para el envasado de productos mínimamente procesados, por las siguientes razones:

- Sirve de almacenamiento y de recipiente unitario.
- Es un instrumento de marketing muy poderoso en el punto de venta.
- El envasado asegura la calidad.
- Mejora la sanidad y la seguridad del producto que contiene.

La preservación del alimento también requiere que el envase resista las condiciones adversas a la que es expuesto: humedad, calor, frío, oxígeno atmosférico y otros (Wiley, 1994).

2.3. VITAMINA C COMO PARÁMETRO DE DETERIORO EN LA VIDA DE ANAQUEL

La vitamina C es un compuesto altamente polar, altamente soluble en agua, e insoluble en solventes no polares. La vitamina C actúa como agente reductor en reacciones de hidroxilación o reacciones de óxido-reducción. Es considerada como el agente reductor más reactivo que puede ocurrir en forma natural en el tejido vivo, también es considerada como nutriente esencial para el ser humano, ya que este no puede sintetizarlo por sí solo. (Beliz y Grosch, 1989).

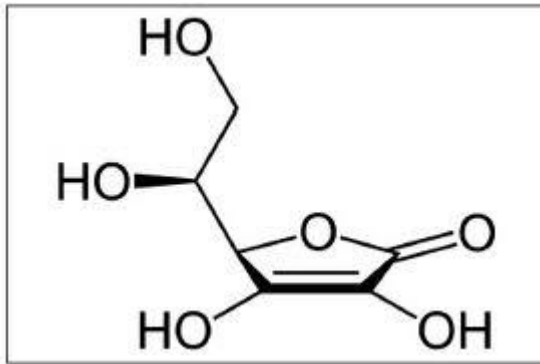


Figura 2.1: Estructura de la vitamina C

2.3.1. Propiedades

La vitamina C es una sustancia blanca, inodora, que cristaliza en placas; su punto de fusión está entre 189-192° C, el ácido ascórbico tiene la estructura de una lactona con una configuración enodiol; su acidez se deriva del carácter enólico de los grupos hidroxilos en C₂ y en C₃; el hidroxilo en C₃ es el más ácido. Aunque la vitamina es bastante estable en forma seca, expuesta a la luz se oscurece gradualmente. Las soluciones de la vitamina son más sensibles a los álcalis que a los ácidos. (Fennema, 1984)

2.3.2 Pérdida de Vitamina C

La vitamina C es una de las vitaminas más inestables y por tanto muy sensibles a diversas formas de degradación. Entre los factores que pueden influir en los mecanismos degradativos cabe citar la temperatura, la concentración de sal y azúcar, el pH, el oxígeno, las enzimas, los catalizadores metálicos, la concentración inicial del ácido y la relación ácido ascórbico-ácido dehidroascórbico (Fennema, 1984).

La característica más importante del ácido ascórbico es su oxidación reversible para formar ácido dehidroascórbico. En presencia de oxígeno, el ácido ascórbico se degrada fundamentalmente vía su monoanión (HA') rindiendo ácido dehidroascórbico (A).

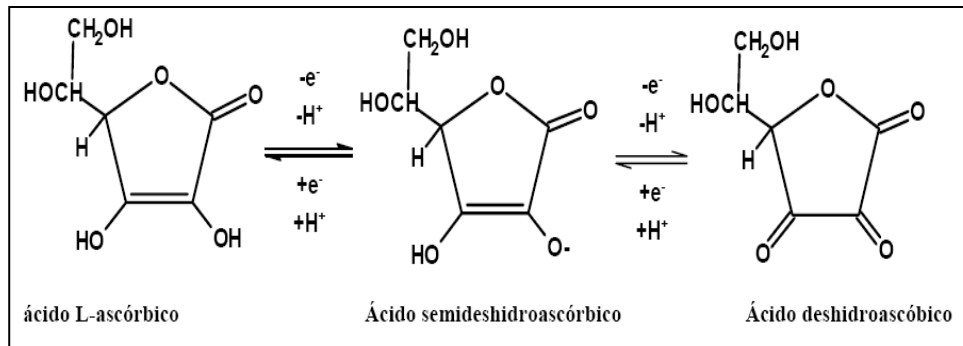


Figura 2.2: Oxidación de ácido L-ascórbico a ácido deshidroascórbico

2.3.3 Funciones biológicas y usos

La vitamina c es un importante antioxidante hidrosoluble intracelular, además refuerza los efectos y la duración de la actividad de otros antioxidantes como la vitamina A y E. Las tres vitaminas son sinérgicas. El ácido dehidroascórbico es un pro-oxidante, es decir, lo contrario a un antioxidante, estimula la producción de radicales libres y ocasiona daño celular. El ácido ascórbico es usado, entre otras cosas, para evitar el pardeamiento de frutas y verduras, inhibición de la oxidación de la cerveza, vino, aceites vegetales, leche y productos lácteos; estabilización del color de la carne, fijación de la carnes curadas. (Wong, 1995).

2.3.4 Cuantificación de la Vitamina C por Espectrofotometría

La determinación del ácido ascórbico por el método espectrofotométrico, se basa en la reducción del colorante 2-6 diclorofenolindofenol, por efecto del ácido ascórbico en solución. El contenido en ácido ascórbico es directamente proporcional a la capacidad de un extracto de muestra para reducir una solución estándar de colorante determinada espectrofotométricamente (Pearson, 1976).

2.4 ENVASES

2.4.1 Polímeros plásticos.

Son muchos los plásticos utilizados en el EAM (Envasado en atmósferas modificadas) de productos intactos como procesados en fresco, entre ellos, los más indicados son polivinilo de cloruro (PVC), poliestireno (PS), polietileno (PE) y polipropilenos (PP) (Artés *et al.*, 1996)

Todos ellos, muestran una selectividad adecuada. El PP presenta muy buena barrera al vapor de agua, pero sin embargo es altamente permeable al oxígeno. (Artés *et al.*, 1997).

- **PE (Polietileno):** El polietileno presenta una excelente fuerza al desgarro, aunque no a la rotura gran resistencia a la degradación química y relativamente alta permeabilidad (Tabla 3). Se clasifica por su densidad alta, media, baja y ultrabaja, lo que indica impermeabilidad creciente al vapor de agua. De particular importancia es el PE de baja densidad con una elevada selectividad y permeabilidad al CO₂ y O₂, es

decir, permite alcanzar bajas concentraciones de O_2 sin asociarse a elevados niveles de CO_2 .

- **PVC (Polivinilcloruro):** Posee moderada permeabilidad al vapor de agua y es blando, transparente, antivaho y duradero. Posee una elevada selectividad. Es del tipo de film retractilado que se utiliza mucho para envolver bandejas de fruta u hortalizas frescas.
- **PP (Polipropileno):** Su naturaleza química es similar a la del PE, aunque hasta 10 veces menos permeable que éste a los gases del aire y al vapor de agua. Es fácilmente termosoldable.
- **PS (Poliestireno):** Tiene elevada transmisión gaseosa y una relativa alta relación CO_2/O_2 . Ha sido ampliamente usado para envolver lechugas y tomates debido a su capacidad de termoretractilar. Es relativamente inerte químicamente y posee un alto grado de claridad. Muchos polímeros son asequibles con buena resistencia y adecuada relación CO_2/O_2 pero la velocidad de transmisión gaseosa absoluta es demasiado baja para un conveniente uso (caso del nylon, poliéster y variantes del polivinilo).

En la tabla 2.2 se muestran las características de permeabilidad de los plásticos más usados para productos procesados en fresco.

Tabla 2.2: Permeabilidades [mL / m². día. atm] a 23° C y coeficiente de selectividad (β) de algunos plásticos utilizables en la conservación y distribución de productos hortícolas procesados en fresco.

Película plástica	Permeabilidad (P) a 23° C [mL / m ² . día. Atm]		
	O ₂	CO ₂	CO ₂ /O ₂ (β)
Poliétileno de baja densidad (LDPE)	3.900 - 13.000	7.700 - 77.000	2,0 - 5,9
Polipropileno (PP)	1.300 - 6.400	7.700 - 21.000	3,3 - 5,9
Poliestireno	2.600 - 7.700	10.000 - 26.000	3,4 - 3,8
Acetato de celulosa	1.814 - 2.325	13.330 - 15.500	6,7 - 7,3
Cloruro de polivinilo (PVC)	620 - 2.248	4.263 - 8.138	3,6 - 6,9
Policarbonato	13.950 - 14.725	23.250 - 26.350	1,7 - 1,8
Etilcelulosa	31.000	77.500	2,5

Fuente: Artés C. & Artés H.; 1999

2.4.2 Film y su efecto en la fruta.

Los films tienen la función de crear un ambiente adecuado para la fruta en atmósfera modificada. Cabello (2001), describe las cualidades de estos, en su relación con almacenaje de atmósfera modificada en cítricos, de la siguiente forma:

- **Film impermeable:** En estos, se produce un gran descenso de la concentración de oxígeno, dando cabida a una situación anaeróbica con la consecuente acumulación de etanol y acetaldehído, asociándose a olores y sabores extraños. Esto origina una degradación de la calidad del producto.

- **Film muy permeable:** Se produce una alteración de la atmósfera modificada, así como una pérdida de la humedad, lo que podría provocar el marchitamiento y pérdida indeseable de la frescura de la fruta.
- **Film semipermeable:** Otorga una atmósfera modificada de equilibrio cuando la intensidad de transmisión de O₂ y CO₂ a través del envase es igual a la intensidad del producto.

En la actualidad existen diversos tipos de film plástico, de los cuales se han considerado factores como: materia, base y combinaciones, espesor, microporosidad y microperforaciones, modificación de las características básicas, etc. Con estos factores se puede modificar la permeabilidad, transmisión de vapor de agua, propiedades antivaho, resistencia y facilidad de sellado (Romojaro *et al*, 1996).

2.5 VIDA DE ANAQUEL

La vida de anaquel de un alimento puede ser definida como el periodo de tiempo dentro de lo cual el alimento es seguro para el consumo y/o presenta calidad aceptable para los consumidores (Labuza, 1997).

De acuerdo con Vitali & Quast (2002) la vida de anaquel de un alimento es el tiempo en que él puede ser conservado en determinadas condiciones de temperatura, luz, etc., sufriendo pequeñas, pero bien establecidas alteraciones que son, hasta cierto punto, consideradas aceptables por el fabricante, por el consumidor y por la legislación alimentaria vigente.

Según Padula (2002) la inaceptabilidad de un producto puede estar relacionada con diversos aspectos, entre ellos: la presencia de microorganismos patógenos y deteriorantes, alteraciones en la apariencia, color, olor, sabor y textura del alimento, pérdida del valor nutricional y contaminación de metales o monómeros provenientes del embalaje. Uno de los parámetros más importantes en el establecimiento de la vida de anaquel de un alimento es la temperatura, tanto en las varias fases de su procesamiento, y durante el tiempo de almacenamiento pre-consumo (Labuza, 1982; Teixeira Neto, 2002).

La determinación de la vida útil del yacón mínimamente procesado, se determinó mediante el método desarrollado por Graybill y Bowden, el cual se realizó mediante pruebas sensoriales, las cuales fueron realizadas a intervalos de 2 días. La evaluación sensorial fue realizada por 45 jueces no entrenados con una escala de 1 a7 (que va de muy desagradable a similar al producto fresco).

2.6 EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial es una disciplina dedicada al análisis de los alimentos por medio de los sentidos. La palabra sensorial deriva del latín *sensus*, que quiere decir sentido.

La evaluación sensorial ha sido definida como una disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar reacciones a las características de

los alimentos y materiales; los cuales son percibidos por los sentidos de olfato, gusto, tacto, vista y oído.

Es una técnica de medición tan importante como los métodos químicos, físicos o microbiológicos, que son parte esencial del control de calidad de los alimentos, y tiene la ventaja de que la persona que efectúa las mediciones, lleva consigo un instrumento de análisis, es decir sus cinco sentidos. (Anzaldúa - Morales, 1994).

La evaluación sensorial es una disciplina independiente, capaz de entregar resultados precisos, y reproducibles tanto sobre aspectos cualitativos como cuantitativos de los alimentos. Desempeña un rol importante en la estimación de parámetros de calidad organoléptica como son: apariencia, forma, sabor, tamaño, aroma, consistencia, textura, etc., (Sancho, 2002).

2.6.1 Tipos de pruebas usadas en el análisis sensorial

La evaluación sensorial requiere de una gran variedad de pruebas para lograr los objetivos deseados. Sancho (2002), divide estas pruebas en 3 clases: pruebas descriptivas, pruebas discriminatorias y pruebas de aceptación.

A. Pruebas descriptivas

Son las que permiten describir, comparar y valorar las características de las muestras en función de unas categorías o tipos (patrones) definidos previamente. Entre estas tenemos:

- Pruebas de calificación con escalas (no estructuradas, de intervalos, estándar o proporcionales con estima de magnitud)
- Medición de atributos respecto al tiempo.
- Definición de perfiles sensoriales.
- Relaciones psico-físicas.

B. Pruebas discriminatorias

Son las que permiten encontrar diferencias significativas entre las muestras o entre ellas y un patrón. Además deben permitir cuantificar la diferencia significativa. Entre estas tenemos:

- Pareada (comparación simple)
- Triangular.
- Dúo-trío.
- Comparaciones múltiples.
- Comparaciones apareadas (Scheffé)
- Ordenación.

C. Pruebas de aceptación.

Estas pruebas presentan mayor variabilidad en los resultados, y estos son los más difíciles de interpretar, ya que se trata de apreciaciones completamente personales. Son muy utilizadas para investigar la opinión del consumidor frente al producto; los jueces empleados son no entrenados, tal es el caso de los consumidores habituales o potenciales y compradores del tipo de alimento en estudio, (Anzaldúa - Morales, 1994).

Entre éstas tenemos: Preferencia, Medida del grado de satisfacción, Hedónicas verbales y Hedónicas gráficas.

2.6.2 Formación del panel de degustadores

Costel y Durand (1981), establecen una metodología la que considera 4 etapas generales para el proceso de selección y entrenamiento de panelistas: preselección (fichas de identificación), selección (pruebas discriminativas), entrenamiento (en atributos hacer objetos de estudio: pruebas discriminativas y descriptivas) y comprobación o evaluación de desempeño (con pruebas discriminativas o descriptivas).

Sancho (2002), establece un método que se adapta para la evaluación de las propiedades de cualquier alimento, basado en 4 fases perfectamente definidas:

- Entrevista personal con los posibles candidatos
- Selección por aptitudes
- Aprendizaje y entrenamiento
- Evaluación y calificación

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Laboratorio de Biotecnología Agroindustrial, Laboratorio de Proceso Agroindustriales y Planta Piloto de Jugos y Frutas de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de marzo a noviembre del 2016.

3.1 MATERIALES

3.1.1 Materia prima

La materia prima utilizada fue el yacón (*Smallanthus sonchifolia*), procedente del VRAEM y adquiridas en el Mercado Nery García Zárate.

3.1.2 Reactivos

- Alcohol etílico de 96°
- Agua destilada
- Ácido ascórbico q.p.
- Ácido oxálico q.p.

- 2,6 diclorofenolindofenol
- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Indicador: Fenolftaleina
- Bufer 4.01 y Bufer 7.01
- Solución de Bario 0.1 N
- Solución de KOH al 9%

3.1.3 Materiales de laboratorio

- Vasos de precipitado.
- Pipetas de 1, 5 y 10 mL
- Fiola de 250, 100, 500 mL
- Balón de 250 ml.
- Bureta de 50 mL
- Probeta de 100 mL
- Tubos de ensayo con gradilla
- Mortero
- Termómetro.
- Embudo de decantación de 250 ml.
- Pera de succión
- Soporte universal
- Papel filtro.
- Cuchillo
- Papel toalla.

3.1.4 Materiales de envase

- Recipientes de tecnopor
- Potes de plástico de polietileno (PE)

3.1.5 Equipos e instrumentos

- Espectrofotómetro, Marca: UNICO
- Centrífuga, Marca: QUIMIS
- pH - Metro: Marca: THERMO SCIENTIFIC
- Refractómetro, Marca: ATAGO
- Refrigeradora: Marca COLDEX
- Balanza Analítica, Marca AND HR 200
- Balanza Digital

3.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

3.2.1 Análisis fisicoquímico de la materia prima y producto final.

➤ Determinación de humedad

La humedad del yacón se determinó por el Método de la estufa, diferencia de pesos de acuerdo al método de la AOAC (1996). Anexo 1.

➤ Determinación de acidez

Se determinó en base al método de la AOAC (1996). Anexo 2.

➤ **Determinación de pH**

El pH se determinó por Potenciómetro, por inmersión del electrodo en el jugo de yacón previa calibración con solución buffer de pH 4 y 7 (AOAC, 1996).

➤ **Determinación de grados Brix**

La determinación del contenido de sólidos solubles se realizó con un refractómetro, haciendo la lectura de °brix directamente del jugo en el instrumento.

➤ **Determinación del contenido de vitamina C**

Se determinó por el método espectrofotométrico (Método descrito por Pearson (1978)) que se basa en la reducción del colorante 2-6-diclorofenolindofenol, por efecto del ácido ascórbico en solución. La determinación de la curva estándar se indica en el anexo 3.

3.2.2 Análisis Sensorial

La evaluación se realizó mediante las pruebas de medición del grado de satisfacción, para obtener una mayor información acerca del producto, para manejar más objetivamente datos tan subjetivos como son las respuestas de los jueces acerca de cuánto les gusta o les desagrada un producto nuevo. Para llevar a cabo estas pruebas utilizaremos las escalas hedónicas de 7 puntos, desde muy desagradable a similar a la fruta fresca, empleándose, para ello 20 panelistas no entrenados. Los atributos a analizar fueron:

➤ Color

➤ Olor

➤ Sabor

El formato de evaluación sensorial se encuentra en el anexo 4.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACION DE YACÓN MINIMAMENTE PROCESADO.

3.3.1 Recepción

La materia prima fue recepcionada en el laboratorio de Procesos Agroindustriales, procedente del mercado “Nery García Zárate”. El principal criterio que se tomó en cuenta fue ver que la materia prima muestre una apariencia a fresco, libre de la presencia de insectos, libre de daños fisiológicos causado por la presencia de microorganismos, daños mecánicos, etc. Luego la materia prima se almacenó antes del procesado en refrigeración.

3.3.2 Lavado y selección

El lavado se aplicó al yacón eliminándose la suciedad del producto para evitar la proliferación de microorganismos patógenos y eliminar residuos. Esta operación se realizó con agua a flujo continuo.

En la selección se descartó aquella materia prima que no es aceptable para el procesamiento, es decir aquella que estuvo dañada por abrasiones en la cáscara, daño de insectos, daños mecánicos coloración manchada, y contaminación en general.



Figura 3.1: Lavado y selección

3.3.3 Higienización 1

Después del lavado se realizó una higienización en agua clorada a 200 ppm durante 10 min a 10°C. (Donadon, 2005).



Figura 3.2: Higienización 1

3.3.4 Pelado

El pelado se realizó en forma manual, con cuidado para no dañar los tejidos del producto, con el apoyo de cuchillos de acero inoxidable (Donadon, 2005).

Luego el yacón se sumergió en agua fría a 4 °C.



Figura 3.3: Pelado

3.3.5 Cortado e inactivación enzimática

Se realizó el cortado del yacón usando cuchillos de acero inoxidable, la forma de corte fue en cubos y rodajas 1 cm de espesor, luego para evitar el pardeamiento enzimático se sumergió en una solución con ácido ascórbico y ácido cítrico al 0,13 % y 0,5% respectivamente (Donadon, 2005).



Figura 3.4: Cortado e inactivación enzimática

3.3.6 Higienización 2

La higienización 2 consistió en la inmersión del yacón en cubitos y rodajas; en una solución acuosa con 20 ppm de cloro libre, a 4 °C durante 5 mín. con un pH de la solución de 6.5 - 7 (Donadon, 2005).



Figura 3.5: Higienización cortado según diseño

3.3.7 Enjuague

El enjuagado se realizó con agua clorada a 5 ppm a una temperatura de 4 °C.



Figura 3.6: Enjuague

3.3.8 Escurrido

Se llevó a cabo utilizando papel absorbente de alimentos para la remoción de líquido en exceso, contenido en la fruta aproximadamente de 2 – 3 min. (Araujo, 2007).



Figura 3.7: Escurrido

3.3.9 Pesado y envasado

Después de haber retirado el exceso de agua, fueron envasados en bandejas que tienen ciertas propiedades de permeabilidad a los gases y al vapor de agua (envases de polietileno) y en envases de polipropileno (tecnopor), con aproximadamente 300 - 400 gramos de yacón tanto en cubitos como en rodajas.



Figura 3.9: Envasado y pesado de yacón en las bandejas.

3.3.10 Almacenamiento

Se realizó a temperaturas de 3, 5, 7 °C, evaluándose las características fisicoquímicas de las muestras a través del tiempo durante 8 días de almacenamiento.

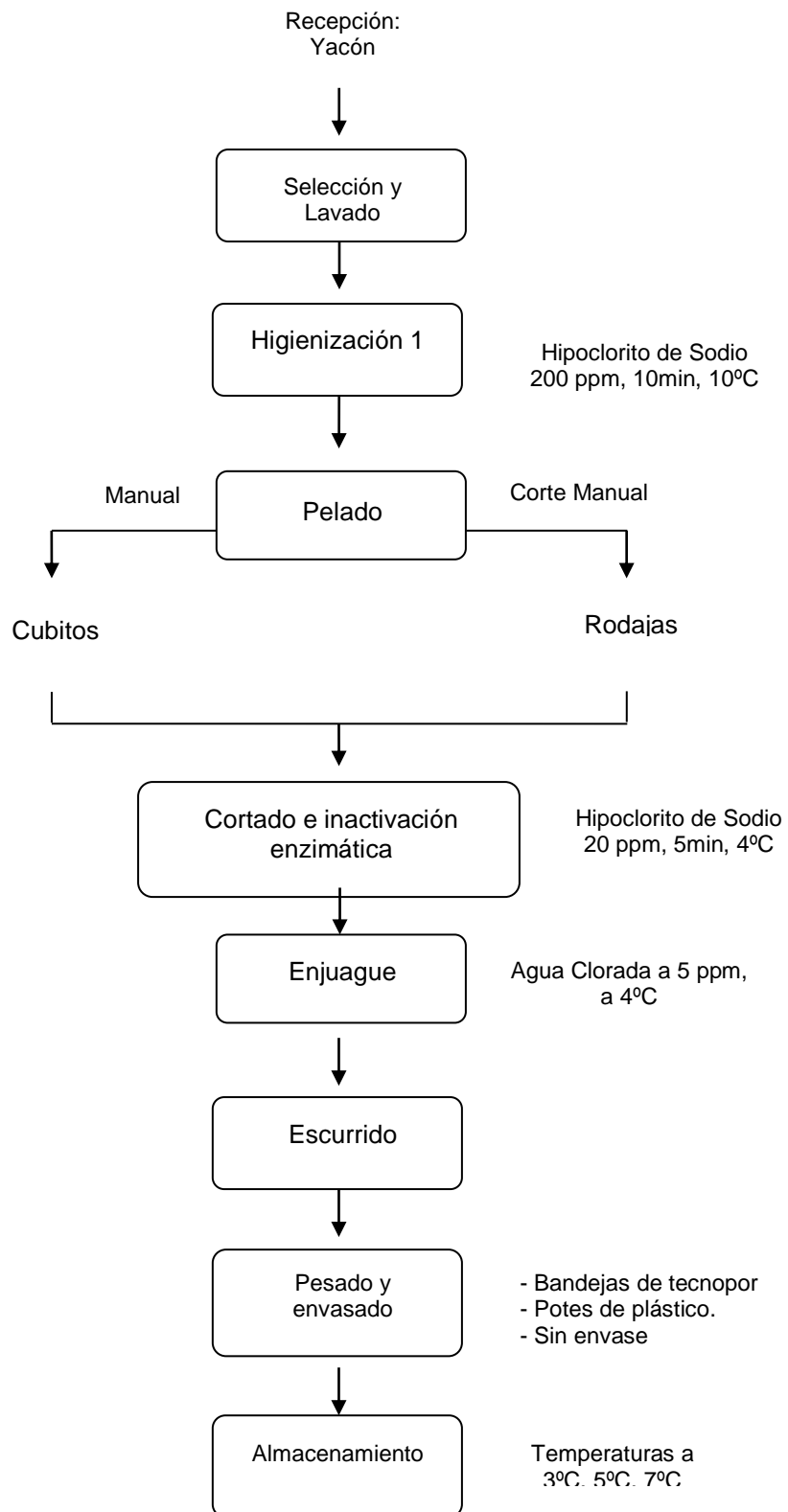


Figura 3.10: Diagrama de flujo de la elaboración de yacón mínimamente procesado.

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.4.1 Determinación de la Temperatura, tiempo, tipo de envase y del tipo de presentación en el tratamiento del yacón mínimamente procesado.

Después de realizar la selección, lavado y la higienización, se procedió a pelar el yacón de forma manual; para obtener dos formas de presentación: rodajas y en cubos. Luego se le sometió a un enjuague en agua por tiempo de 1 minuto a 4°C y luego a una segunda higienización con hipoclorito de sodio a 20 ppm durante 5 minutos a 4°C; luego se realizó el escurrido utilizando papel absorbente para la remoción de líquido en exceso. Se envasó en bandejas tecnopor, en potes de plástico y SE (testigo). Por último se almacenaron las muestras a temperaturas de refrigeración: 3 °C, 5 °C, y 7 °C durante 8 días, al término de las cuales se evaluaron las siguientes características de calidad: Conservación de vitamina C (mg /100 g.), acidez titulable (% ácido cítrico) y análisis sensorial (olor, color y sabor).

3.4.2 Determinación de la vida útil del yacón mínimamente procesado.

Se determinó en base a las muestras que presentan una mayor conservación de las características de calidad, la cual fue establecida en el análisis de almacenamiento. Para la determinación de la vida útil se utilizó el método desarrollado por Graybill y Bowden (1984).

3.5 DISEÑO ESTADÍSTICO

3.5.1 Determinación de la temperatura, tiempo, tipo de envase y del tipo de presentación en el tratamiento del yacón mínimamente procesado.

El diseño estadístico empleado para evaluar el efecto en la vida útil del yacón mínimamente procesado a 3 temperaturas, a 3 tipos de empaque, a 3 tiempos de almacenamiento y a 2 tipos de presentaciones (rodajas y cubos); fue la metodología de Diseño Factorial Cuadrático en el programa Design Expert 7.0; con arreglo 3x3x3x2 con 3 repeticiones, para el desarrollo del experimento. Los experimentos factoriales son aquellos en los que se prueban varios niveles de dos o más factores. El número de tratamientos es el resultado de combinar los diferentes niveles de los factores. Un factor es un ingrediente que interviene en un tratamiento, mientras que el nivel es cada una de las dosis o categorías de cada factor.

Teniendo como variables independientes las siguientes:

Tabla 3.1: Definiciones de variables y niveles del Diseño Factorial Cuadrático para el yacón mínimamente procesado

Variables Independientes	Niveles		
	Nivel Bajo (-)	Nivel Medio (0)	Nivel Alto (+)
A: Temperatura (°C)	3	5	7
B: Tipo de Empaque	Tecnopor	Pote de plástico	SE
D: Presentación	Rodajas	-	Cubos
C: Tiempo (días)	2	4	6

Tabla 3.2: Definiciones de las respuestas del Diseño Factorial Cuadrático para el yacón mínimamente procesado.

Variables	Unidades/Puntaje
Y ₁ = Vitamina C	mg/g
Y ₂ =Acidez	Porcentaje
Y ₃ =Olor	1-7
Y ₄ =Color	1-7
Y ₅ =sabor	1-7

Se asume que la función que vincula las respuestas con las variables independientes se puede aproximar con un polinomio de segundo orden, que tiene la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 Y = & b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_{31} + b_4 \cdot X_{32} + b_5 \cdot X_4 + b_6 \cdot X_1 \cdot X_2 \\
 & + b_7 \cdot X_1 \cdot X_{31} + b_8 \cdot X_1 \cdot X_{32} + b_9 \cdot X_1 \cdot X_4 + b_{10} \cdot X_2 \cdot X_{31} \\
 & + b_{11} \cdot X_2 \cdot X_{32} + b_{12} \cdot X_2 \cdot X_4 + b_{13} \cdot X_{31} \cdot X_{32} + b_{14} \cdot X_{31} \cdot X_4 \\
 & + b_{15} \cdot X_{32} \cdot X_4 + b_{16} \cdot X_1^2 + b_{17} \cdot X_2^2
 \end{aligned}$$

Donde:

X₁: Temperatura

X₂: Tiempo

X₃₁ y X₃₂: Tipo de envase

X₄: Presentación

b₀, b₁, b₂, b₃... b₁₇: son los coeficientes de regresión.

3.5.2 Determinación de la vida útil del yacón mínimamente procesado.

Se llevó a cabo mediante el diseño estadístico desarrollado por Graybill y Bowden (1984). Este diseño es utilizado para responder preguntas relacionadas a la tasa de cambio ocurrida en un producto en un periodo de tiempo dado. Los datos resultantes en este diseño son analizados por procedimientos de regresión. La forma de aplicación de este diseño estadístico en el análisis de una característica determinada, en condiciones de almacenamiento fue de la siguiente forma:

- a. Este diseño estadístico se aplicó a la muestra que presento una mayor conservación de sus características de calidad en el periodo de almacenamiento. Para ello en primer lugar se estableció los límites de aceptabilidad para los diferentes análisis establecidos, los cuales son:
 - ✓ Para el análisis sensorial, el resultado de los jueces fue fijado 5,0 como el punto hasta el cual, el producto conserva aún sus características óptimas de calidad.
 - ✓ Para el análisis de vitamina C, un valor de 20 mg/100g fue fijado como el punto hasta el cual, el producto fue considerado apto para su consumo, puesto que 60 mg/día, es el requerimiento mínimo de esta vitamina (Braverman, 1992).
- b. Luego se efectuó un análisis de regresión de los datos en el tiempo, así como también se realizaron los cálculos necesarios para estimar los límites de confianza para la ecuación de regresión encontrada.

- c. Una vez obtenidos los límites de confianza éstos se graficaron junto con la ecuación de regresión.
- d. La determinación gráfica del tiempo de vida útil se realizó del siguiente modo: Se trazó una línea horizontal y paralela al eje de las abscisas en el límite de aceptabilidad establecido. Los puntos de interacción con la ecuación de regresión y los límites de confianza indican el promedio de los valores externos del tiempo de vida útil para la característica sensorial respectiva.

La determinación de vida útil del yacón mínimamente procesado se realizó tomando en cuenta los dos parámetros de aceptabilidad mencionados anteriormente, en donde el tiempo menor establecido por uno de los parámetros fue determinado como el tiempo de vida útil de este producto.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL YACÓN

4.1.1 Caracterización física del yacón

La materia prima utilizada como unidad experimental fue el yacón, procedente del VRAEM. Se utilizaron aquellos que no presentaron picaduras, golpes, manchas, algún grado de infestación u otra característica que afecte la calidad del producto. Las características físicas como: forma, altura, diámetro, etc. se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Características físicas del yacón

Características	Número de muestra					Promedio
	1	2	3	4	5	
Longitud (cm)	16,82	16,67	16,44	17,12	17,03	16,82
Diámetro (cm)	4,11	4,19	4,74	5,03	4,37	4,49
Peso (g)	192,32	189,12	194,16	196,13	191,89	192,72

FUENTE: Elaboración propia.

Según la tabla 4.1, los datos promedios obtenidos del yacón fueron de longitud de 16,82 cm.; diámetro 4,49 cm; y con respecto al peso, se obtuvo un promedio de 192,72 gramos, nuestros resultados se encuentran dentro de los rangos obtenidos por las referencias bibliográficas.

Según Arce (2002), refiere que la pérdida de peso del yacón se debe a que los tubérculos tienen un contenido de estomas que se encuentra debajo de la epidermis que regula la velocidad de intercambio de vapor de agua o gases.

4.1.2 Caracterización fisicoquímica del yacón

La caracterización fisicoquímica del yacón se hizo en base al valor de pH, sólidos solubles (°brix), acidez titulable, textura y vitamina C. Los valores promedios se reportan en la tabla 4.2.

Tabla 4.2: Composición fisicoquímica del yacón

Características	Número de Muestra					Promedio
	1	2	3	4	5	
pH	6,35	6,56	6,42	6,29	6,77	6,48
°Brix	9,08	9,23	9,12	9,45	9,39	9,25
Acidez titulable (% ácido cítrico)	0,21	0,23	0,22	0,23	0,21	0,22
Vitamina C	15,13	15,65	15,84	15,28	15,61	15,50
Textura (lb)	3,4	3,5	3,4	3,5	3,6	3,48

FUENTE: Elaboración propia.

El pH promedio fue de 6,48; el cuál es próximo a lo reportado por Arango (2009), que obtuvo un valor de 6,42.

El contenido de sólidos solubles fue de 9,25 °brix; el cuál es ligeramente mayor a los datos reportados por Arango (2009) que encontró un valor de 6,68 °brix, se puede decir, que la raíz a pesar que necesita de nutrientes para realizar sus funciones metabólicas, lo va utilizando lentamente, es por eso que conserva sus niveles de azúcares. El porcentaje de acidez titulable fue de 0,22 (% ácido cítrico).

El contenido de vitamina C fue de 15,50 (mg/100 g. de muestra), valor mayor a lo reportado por Arango (2009) que fue de 10,24 (mg/100 g. de muestra). Esta degradación del contenido de vitamina C, se puede deber a diversos factores como la luz, oxígeno, calor, pH, etc.; a que es expuesta la fruta desde la cosecha al centro de comercialización, de la cual obtuvimos la raíz. Según Flores (1994), y otros autores las variaciones en la composición fisicoquímica puede deberse a: nutrición, tamaño del vegetal, efectos climatológicos y estacionales, posición en la planta, tipo de suelo, humedad del suelo.

4.2. TRATAMIENTO DEL YACÓN DURANTE EL PROCESAMIENTO MÍNIMO

Después de realizar los 78 experimentos según la matriz del Diseño Factorial, para cada variable independiente se obtuvieron los siguientes resultados en función de concentración de vitamina C, acidez titulable y

análisis sensorial (olor, color y sabor). Los experimentos se hicieron en forma aleatoria para prevenir tendencias sistemáticas por variables no controladas o desconocidas.

4.2.1 Efecto de la temperatura, tiempo, presentación y tipo de envase sobre la conservación de la vitamina C

La cuantificación de los efectos de las condiciones físicas en la conservación de la vitamina C fueron reportados mediante un modelo empírico, en gráficos de interacción, de contorno y de superficie de respuesta. Donde las variables independientes fueron; temperatura, tiempo, presentación, y tipo de envase; cuya variable respuesta fue la conservación de vitamina C. estos valores se muestran en la tabla 4.3.

Tabla 4.3: Resultados de los valores de vitamina C del yacón mínimamente procesada para las diversas condiciones según el diseño factorial cuadrático en el tiempo.

RUN	Temperatura	Tiempo	TIPO DE EMPAQUE	Presentación	VITAMINA C
1	5	4	sin empaque	cubitos	8,68
2	5	4	tecnopor	cubitos	10,75
3	7	6	tecnopor	rodajas	8,92
4	5	4	tecnopor	rodajas	10,86
5	7	4	tecnopor	rodajas	9,43
6	5	4	tecnopor	cubitos	10,74
7	3	6	sin empaque	rodajas	10,82
8	7	6	pote de plástico	cubitos	8,25
9	5	2	tecnopor	rodajas	13,21
10	5	2	tecnopor	cubitos	13,34
11	3	6	pote de plástico	rodajas	11,63
12	3	4	pote de plástico	cubitos	12,51
13	5	4	sin empaque	rodajas	9,27

14	7	2	sin empaque	rodajas	8,23
15	3	4	tecnopor	rodajas	12,56
16	5	4	sin empaque	rodajas	9,25
17	5	2	sin empaque	cubitos	11,14
18	5	4	tecnopor	cubitos	9,76
19	7	2	tecnopor	rodajas	9,37
20	7	4	sin empaque	rodajas	7,13
21	3	6	tecnopor	cubitos	11,46
22	3	2	tecnopor	cubitos	14,34
23	3	2	sin empaque	cubitos	11,99
24	5	4	tecnopor	rodajas	10,83
25	5	4	pote de plástico	rodajas	9,38
26	5	4	pote de plástico	cubitos	9,05
27	3	2	pote de plástico	rodajas	13,43
28	5	4	pote de plástico	cubitos	9,06
29	5	4	tecnopor	cubitos	10,77
30	5	4	tecnopor	rodajas	10,82
31	7	4	sin empaque	cubitos	6,26
32	5	2	sin empaque	rodajas	11,35
33	5	6	tecnopor	cubitos	10,13
34	5	4	tecnopor	rodajas	10,85
35	5	4	sin empaque	rodajas	9,26
36	5	6	pote de plástico	rodajas	18,67
37	5	2	pote de plástico	cubitos	12,26
38	5	4	pote de plástico	rodajas	9,37
39	3	2	sin empaque	rodajas	12,56
40	5	4	tecnopor	rodajas	9,84
41	7	4	tecnopor	cubitos	9,08
42	7	2	tecnopor	cubitos	10,08
43	5	6	sin empaque	cubitos	7,03
44	5	6	tecnopor	rodajas	10,16
45	7	4	pote de plástico	rodajas	8,59
46	3	6	pote de plástico	cubitos	11,07
47	3	4	pote de plástico	rodajas	12,75
48	5	4	pote de plástico	rodajas	9,38
49	7	2	pote de plástico	rodajas	8,69
50	5	4	pote de plástico	cubitos	9,07
51	5	4	pote de plástico	cubitos	9,04
52	5	4	sin empaque	cubitos	8,67

53	5	4	sin empaque	cubitos	8,69
54	7	2	sin empaque	cubitos	18,06
55	5	4	sin empaque	rodajas	9,27
56	7	6	sin empaque	rodajas	6,68
57	3	4	sin empaque	rodajas	11,09
58	3	4	tecnopor	cubitos	13,45
59	7	6	pote de plástico	rodajas	8,27
60	7	4	pote de plástico	cubitos	7,77
61	5	4	pote de plástico	cubitos	9,04
62	3	4	sin empaque	cubitos	11,05
63	5	2	pote de plástico	rodajas	12,04
64	5	4	sin empaque	cubitos	8,68
65	7	2	pote de plástico	cubitos	8,55
66	7	6	tecnopor	cubitos	8,72
67	3	2	tecnopor	rodajas	14,54
68	3	2	pote de plástico	cubitos	12,25
69	3	6	tecnopor	rodajas	11,08
70	5	4	sin empaque	rodajas	9,26
71	7	6	sin empaque	cubitos	6,34
72	5	4	pote de plástico	rodajas	9,36
73	5	6	pote de plástico	cubitos	8,78
74	5	6	sin empaque	rodajas	7,47
75	5	4	sin empaque	cubitos	8,64
76	5	4	pote de plástico	rodajas	9,37
77	5	4	tecnopor	cubitos	10,78
78	3	6	sin empaque	cubitos	10,59

Los resultados fueron analizados usando el análisis de la varianza (ANOVA) para el plan experimental usado. La ecuación de regresión obtenida después del análisis de la varianza, representa los niveles de la retención de vitamina C como una función de las diferentes variables: Temperatura, tiempo, tipo de envase y presentación del yacón, se muestra a continuación:

➤ **Análisis de la varianza en la respuesta de retención de vitamina C**

En la tabla 4.4 se muestra el análisis de la varianza (ANOVA) para las respuestas en la retención de vitamina C, indicando que la fuente de variabilidad “modelo” se ha subdividido en varios componentes. Los componentes “A”, “A²”, “B”, “B²”, representan los efectos lineales y/o cuadráticos de la temperatura y tiempo y “C”, “D” representan el tipo de envase y presentación. Cabe mencionar que la temperatura y tiempo son factores cuantitativos con 3 niveles cada uno, el tipo de envase y la presentación son factores cualitativos con 3 niveles y 2 niveles respectivamente. Los términos AB, AC, AD, BC, BD, CD son las interacciones lineales de los factores temperatura con el tiempo, temperatura con el tipo de envase, temperatura con la presentación, tiempo con tipo de envase, tiempo con presentación y tipo de envase con presentación.

Se observa que la significancia de cada efecto fue determinado usando el valor p- valor ($p < 0,05$), donde el valor p valor más pequeño indica la significancia alta del coeficiente, para nuestro caso los valores p indican que todos los términos A, B, C, AB, son significativos, los cuales tienen un efecto notable en la retención de vitamina C.

El ajuste del modelo fue expresado por el coeficiente de regresión R^2 el cuál fue de 0,9527. El estadístico R^2 indica que el 95,27% de la variabilidad en la respuesta puede ser explicada por el modelo. El valor también indica que sólo el 4,73% de la variación total no se explica por el modelo.

Tabla 4.4: Análisis de varianza para la retención de la vitamina C

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	G. L.	Cuadrado medio	Valor F	Valor P	Sig.
Modelo	437,1019932	16	27,3188746	64,1607415	< 0.0001	
A-temperatura	248,2310536	1	248,231054	582,992115	< 0.0001	Si
B-tiempo	82,86916056	1	82,8691606	194,625396	< 0.0001	Si
C-tipo de empaque	79,43418104	2	39,7170905	93,2790248	< 0.0001	Si
D-present.	1,675462195	1	1,6754622	3,93496798	0.0518	No
AB	5,87693757	1	5,87693757	13,8024966	0.0004	Si
AC	0,234356087	2	0,11717804	0,27520278	0.7604	No
AD	0,003510563	1	0,00351056	0,00824486	0.9279	No
BC	0,104391765	2	0,05219588	0,12258655	0.8848	No
BD	0,003175322	1	0,00317532	0,00745752	0.9315	No
CD	0,231980641	2	0,11599032	0,27241331	0.7625	No
A^2	6,216425841	1	6,21642584	14,5998141	0.0003	Si
B^2	5,20969866	1	5,20969866	12,2354282	0.0009	Si
Residual	25,97306873	61	0,42578801			
Falta de ajuste	25,97306873	37	0,70197483			
Error Total	0	24	0			
Total	463,0750619	77				
	R²=0,9527					
	Nivel de significancia 95%; p significancia (0,05)					

Los gráficos de interacción, superficie y de contorno ayudan a evaluar el efecto de las variables significativas en combinación con el contenido de vitamina C. A continuación se representa las de interacciones y las gráficas de contorno correspondientes a la variable respuesta, en función de las cuatro variables independientes. Dichas gráficas se muestran a continuación:

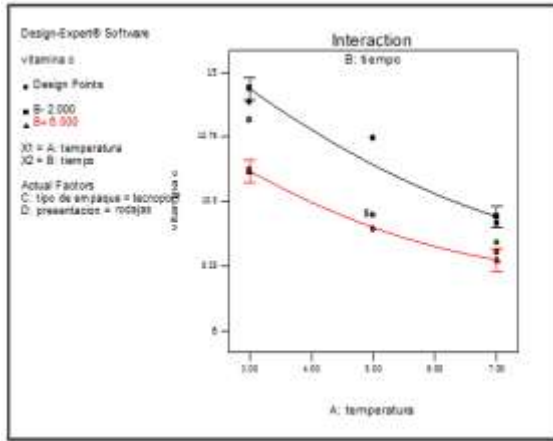


Figura 4.1: Interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la retención de vitamina C (tecnopor y rodajas)

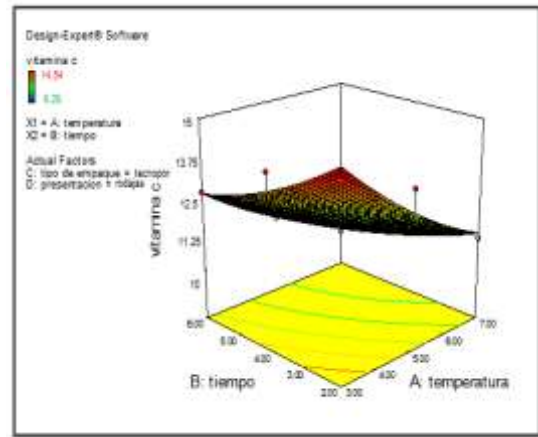


Figura 4.2: Superficie de repuesta sobre la retención de vitamina C (tecnopor y rodajas)

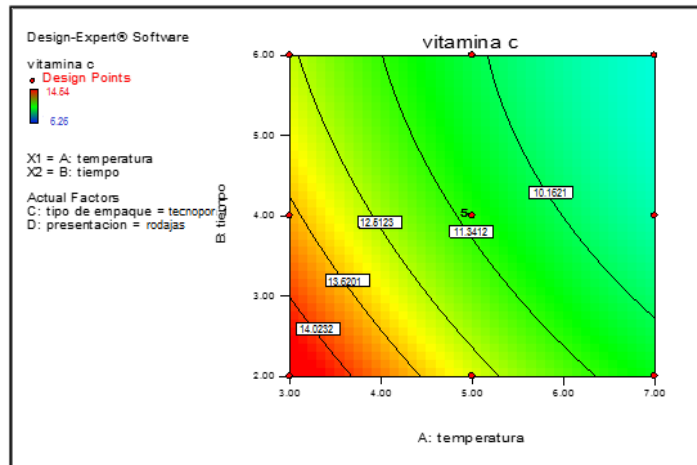


Figura 4.3: Contorno de la retención de vitamina C (tecnopor y rodajas)

En las figuras 4.1, 4.2 y 4.3 gráficos de superficie, contorno e interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta retención de vitamina C en yacón (tipo de envase tecnopor y presentación rodajas), estos gráficos muestran que la vitamina C a 3°C para el día 2 fue 14,54 mg/100g, mientras que en el día 6 fue de 12,97 mg/100g, observando una retención del 89,20% de vitamina C; a 5°C para el día 2 fue de 11,78 mg/100g, mientras para el día 6 fue de 9,22 mg/100g, observándose una retención del 78,27% de vitamina C y a 7°C para el día 2 fue de 10,06 mg/100g, mientras que para el

día 6 fue de 7,68 mg/100g, presentando una retención de 76,34% de vitamina C, con esto se concluye que a 3°C la vitamina C en el yacón mínimamente procesado se conserva más tiempo que a 5°C y 7 °C.

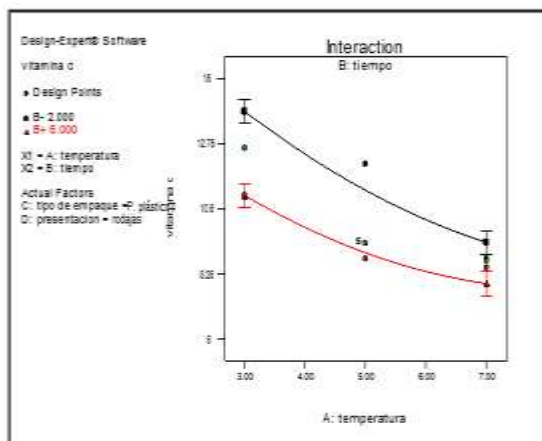


Figura 4.4: Interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la retención de vitamina C (Pote plástico y rodajas)

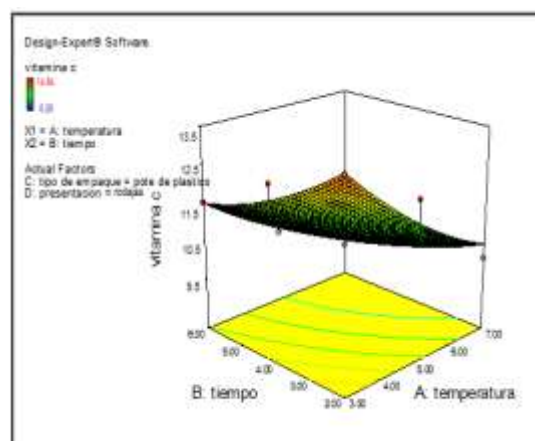


Figura 4.5: Superficie de repuesta sobre la retención de vitamina C (Pote plástico y rodajas)

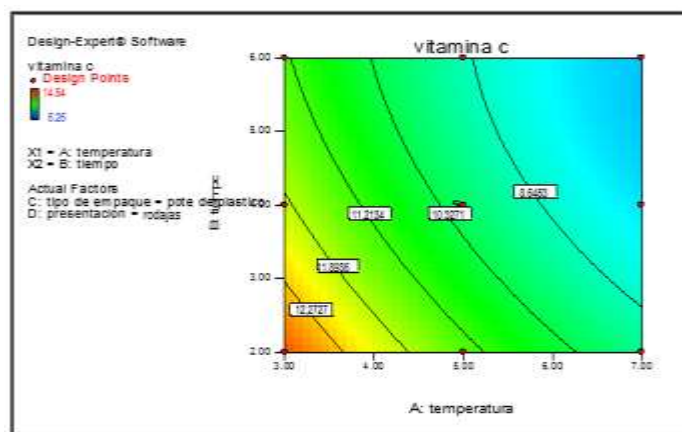


Figura 4.6: Contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta de vitamina C (Pote plástico y rodajas)

Las figuras 4.4, 4.5 y 4.6 son gráficos de contorno, superficie e interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta de retención de vitamina C de yacón (tipo de envase de pote de plástico y presentación rodajas), estos gráficos muestran que la vitamina C a 3°C para el día 2 fue

13,37 mg/100g, mientras que para el día 6 fue de 10,73 mg/100g, observándose una retención de 80,25% de vitamina C, a 5°C para el día 2 fue de 12,03 mg/100g, mientras para el día 6 fue de 8,59 mg/100g, observándose una retención de 69,84% de vitamina C y a 7°C para el día 2 fue de 11,97 mg/100g, mientras que para el día 6 fue de 8,07 mg/100g, observándose una retención de 67,42% de vitamina C, con esto se concluye que a 3°C la vitamina C en el yacón mínimamente procesado se conserva más tiempo que a 5 y 7 °C.

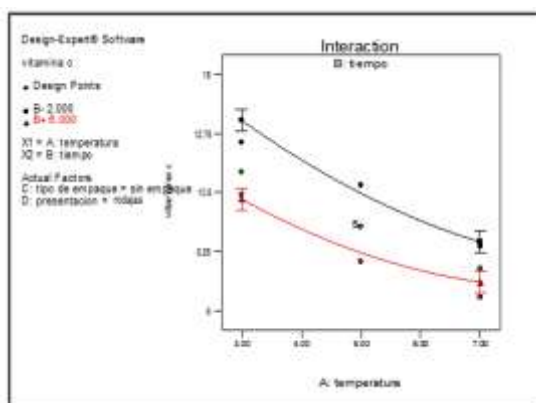


Figura 4.7: Interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la retención de vitamina C (sin envase y rodajas)

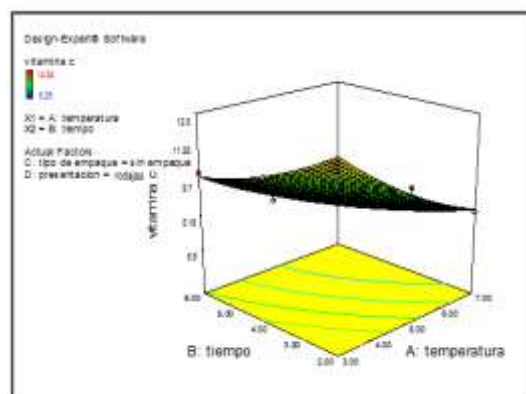


Figura 4.8: Superficie de repuesta sobre la retención de vitamina C (sin envase y rodajas)

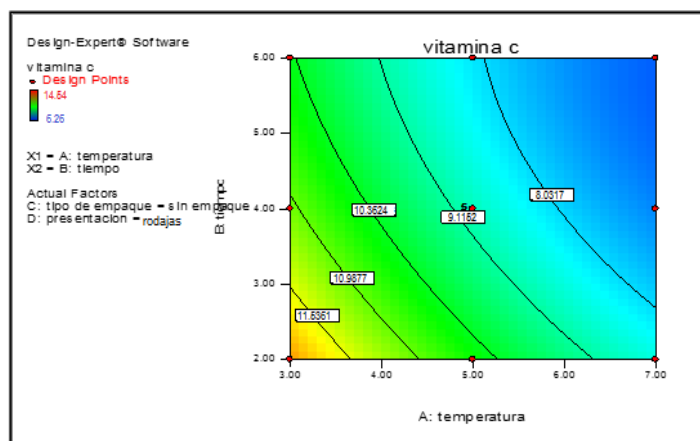


Figura 4.9: Contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta de vitamina C (sin envase y rodajas)

Las figuras 4.7, 4.8 y 4.9 son gráficos de interacción, superficie y contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta de retención de vitamina C de yacón (sin envase y presentación rodajas), estos gráficos muestran que la vitamina C a 3°C para el día 2 fue 11,85 mg/100g, mientras que el día 6 fue de 8,77 mg/100g, observando una retención de 74,01% de vitamina C, a 5 °C para el día 2 fue 10,43 mg/100g, mientras para el día 6 fue de 7,36 mg/100g, observándose una retención del 70,57% de vitamina C y a 7°C para el día 2 fue de 9,18 mg/100g, mientras que para el día 6 fue de 6,23 mg/100g, observándose una retención de 67,86% de vitamina C, con esto se concluye que a 3°C la vitamina C en el yacón mínimamente procesado se conserva más tiempo que a 5 y 7 °C.

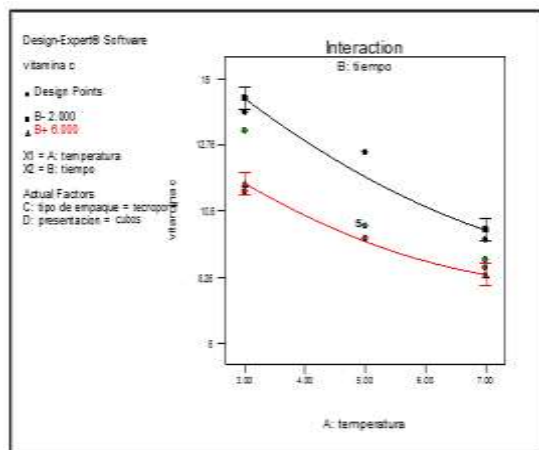


Figura 4.10: Interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la retención de vitamina C (tecnopor y cubos)

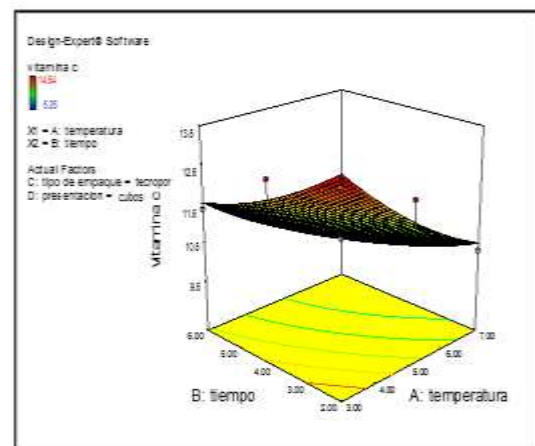


Figura 4.11: Superficie de repuesta sobre la retención de vitamina C (tecnopor y cubos)

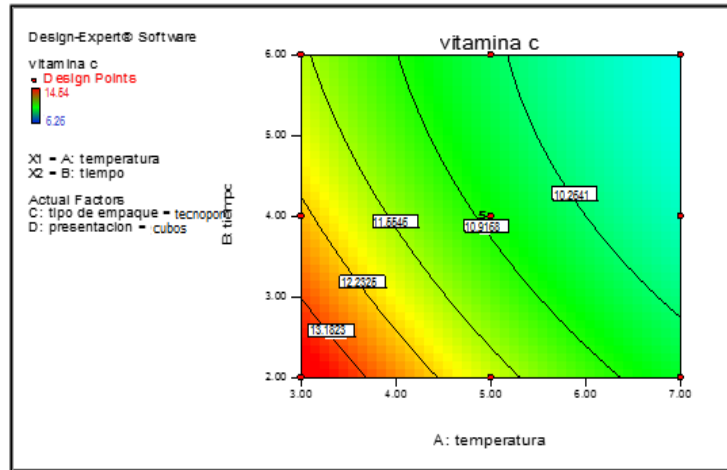


Figura 4.12: Contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta de vitamina C (tecnopor y cubos)

Las figuras 4.10, 4.11 y 4.12 son gráficos de interacción, superficie y contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta de retención de vitamina C de yacón (tecnopor y presentación cubos), estos gráficos muestran que la vitamina C a 3°C para el día 2 fue de 14,08 mg/100g, mientras que para el día 6 fue de 11,45 mg/100g, observándose una retención de 81,32%, a 5 °C en el día 2 fue de 12,66 mg/100g, mientras para el día 6 fue de 10,02 mg/100g, observándose una retención de 79,15% y a 7°C para el día 2 fue de 10,78 mg/100g, mientras que para el día 6 fue de 8,29 mg/100g, observándose una retención de 76,90%, concluyendo que a 3°C la vitamina C en el yacón mínimamente procesado se retiene mejor que a 5°C y 7 °C.

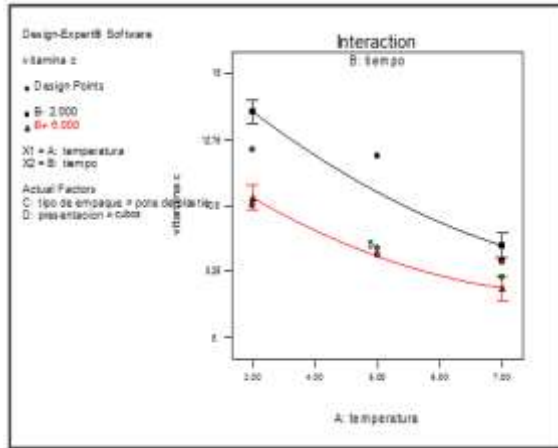


Figura 4.13: Interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la retención de vitamina C (pote plástico y cubos)

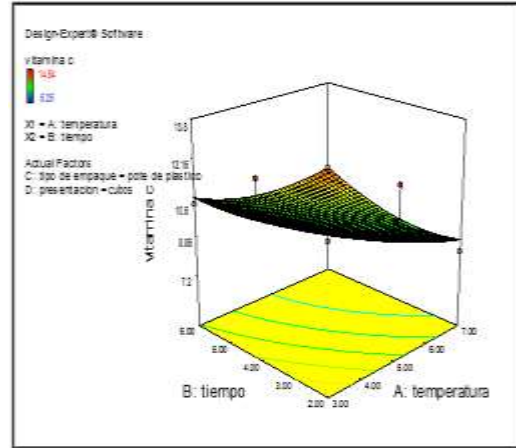


Figura 4.14: Superficie de repuesta sobre la retención de vitamina C (pote plástico y cubos)

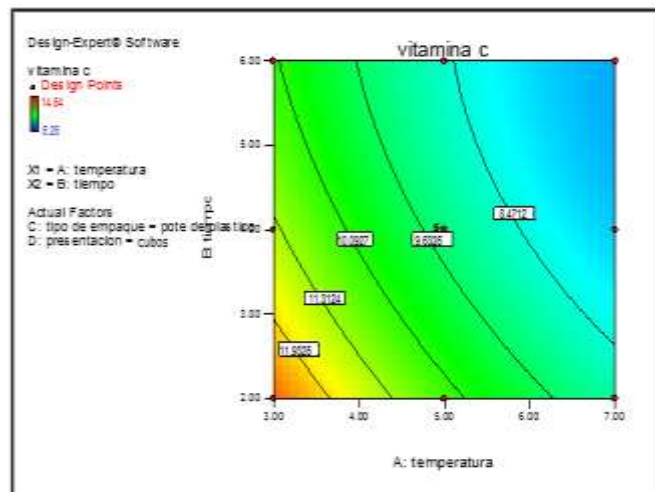


Figura 4.15: Contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta de vitamina C (pote plástico y cubos)

Las figuras 4.13, 4.14 y 4.15 son gráficos de interacción, superficie y contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta de retención de vitamina C de yacón (pote de plástico y presentación cubos), estos gráficos muestran que la vitamina C a 3°C para el día 2 fue de 13,28 mg/100g, mientras que para el día 6 fue de 10,07 mg/100g, observándose una retención de 75,83%, a 5 °C para el día 2 fue de 11,53 mg/100g, mientras para el día 6 fue de 8,18 mg/100g, presentando una retención de 70,94% y a 7°C para el día 2 fue de 8,52 mg/100g, mientras que para el día

6 es de 7,42 mg/100g de yacón observándose una retención de 68,19%, concluyendo que a 3°C la vitamina C en el yacón mínimamente procesado se retiene mejor que a 5°C y 7 °C.

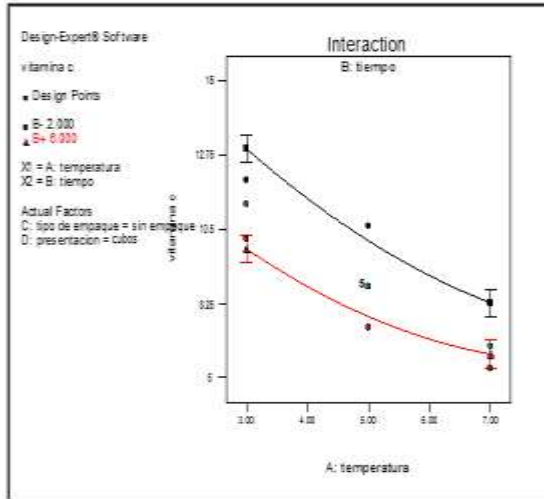


Figura 4.16: Interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la retención de vitamina C (sin envase y cubos)

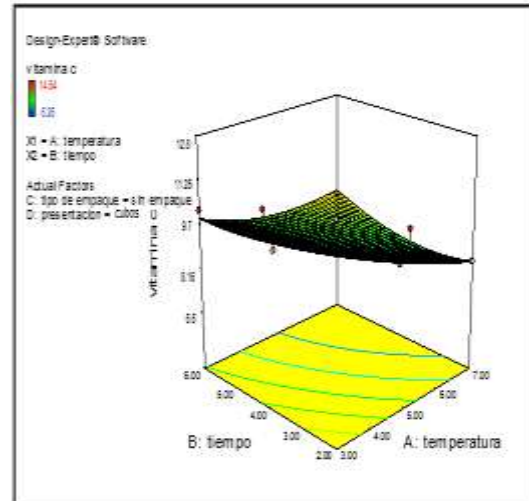


Figura 4.17: Superficie de repuesta sobre la retención de vitamina C (sin envase y cubos)

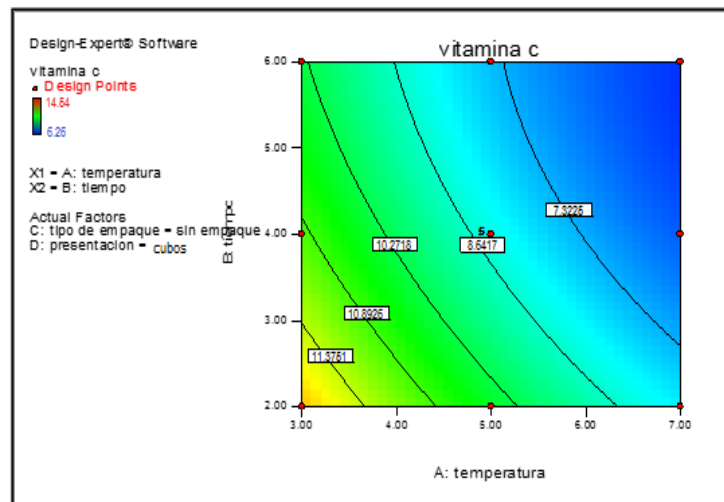


Figura 4.18: Contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta de vitamina C (sin envase y cubos)

Las figuras 4.16, 4.17 y 4.18 son gráficos de interacción, superficie y contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta de retención de vitamina C en yacón (sin envase y presentación cubos), estos

gráficos muestran que la vitamina C a 3°C para el día 2 fue de 11,91 mg/100g, mientras que para el día 6 fue de 10,38 mg/100g, observándose una retención de 69,33%, a 5 °C para el día 2 fue de 10,63 mg/100g, mientras para el día 6 fue de 8,11 mg/100g, observándose una retención de 64,89% y a 7°C para el día 2 fue de 8,73 mg/100g, mientras que para el día 6 fue de 6,69 mg/100g, observándose una retención de 61,71%, concluyendo que a 3°C la vitamina C en el yacón mínimamente procesado se retiene mejor que a 5°C y 7 °C.

De las figuras anteriores se puede observar que para el yacón mínimamente procesado, la temperatura influye significativamente en la retención de la vitamina C en el yacón, es decir que a 3°C se mantiene mejor que a 5°C y 7°C.

La mayor retención de vitamina C se presentó a 3°C en tecnopor de con un 89,20% hasta el día 6.

Comparando los datos obtenidos con el valor inicial de vitamina C que para yacón fue de 16,34 mg/100g notamos que hay una diferencia la cual se puede atribuir a la pérdida por manipulación (pelado, cortado, etc.), propias del procesamiento mínimo y al efecto del tiempo de almacenamiento. Como puede observarse, a pesar de las bajas temperaturas de almacenamiento de estas pruebas (3°C, 5°C y 7°C) hay una pérdida de este componente que puede deberse tanto a mecanismos oxidativos, dado el tipo de almacenamiento empleado (Vial *et al.*, 1991).

Además del tiempo y temperatura existen otros factores que contribuyen a la oxidación del ácido ascórbico o vitamina C como el pH, la concentración de iones metálicos, la intensidad de la luz, la presión parcial de oxígeno, etc. Lo que nos indica que además de las variables estudiadas existen otros factores que afectan el contenido de dicha vitamina, que también se deberían estudiar para evaluar su efecto sobre la respuesta (Ordoñez-Santos *et al.*, 2010).

Por lo tanto se puede afirmar que se produce un aumento en la pérdida de vitamina C a medida que aumenta la temperatura y tiempo, lo que se detecta en todo el intervalo de temperaturas estudiadas. De acuerdo a los datos obtenidos podemos precisar que la vitamina C se mantiene más para yacón envasada en tecnopor en una presentación en rodajas que para los demás tratamientos y a una temperatura de 3°C.

4.2.2. Efecto de la temperatura, tiempo, presentación y tipo de envase sobre la variación de acidez titulable

La descripción cuantitativa en la variación de acidez titulable fueron reportados mediante un modelo empírico en gráficos de interacción, de contorno y de superficie respuesta. Donde las variables independientes fueron; temperatura, tiempo, presentación, tipo de envase; cuya variable respuesta fue la variación de la acidez titulable.

Tabla 4.5: Resultados de la acidez titulable de yacón mínimamente procesado para las diversas condiciones según el Diseño Factorial Cuadrático, en el Tiempo.

RUN	TEMPERATURA	TIEMPO	TIPO DE EMPAQUE	PRESENTACION	ACIDEZ TITULABLE
1	5	4	sin empaque	Cubitos	0,266
2	5	4	Tecnopor	Cubitos	0,265
3	7	6	Tecnopor	Rodajas	0,278
4	5	4	Tecnopor	Rodajas	0,253
5	7	4	Tecnopor	Rodajas	0,264
6	5	4	tecnopor	Cubitos	0,267
7	3	6	sin empaque	Rodajas	0,259
8	7	6	pote de plástico	Cubitos	0,303
9	5	2	tecnopor	Rodajas	0,239
10	5	2	tecnopor	Cubitos	0,244
11	3	6	pote de plástico	Rodajas	0,271
12	3	4	pote de plástico	Cubitos	0,245
13	5	4	sin empaque	Rodajas	0,258
14	7	2	sin empaque	Rodajas	0,245
15	3	4	tecnopor	Rodajas	0,239
16	5	4	sin empaque	Rodajas	0,258
17	5	2	sin empaque	Cubitos	0,245
18	5	4	tecnopor	Cubitos	0,265
19	7	2	tecnopor	Rodajas	0,244
20	7	4	sin empaque	Rodajas	0,278
21	3	6	tecnopor	Cubitos	0,264
22	3	2	tecnopor	Cubitos	0,226
23	3	2	sin empaque	Cubitos	0,233
24	5	4	tecnopor	Rodajas	0,252
25	5	4	pote de plástico	Rodajas	0,271
26	5	4	pote de plástico	Cubitos	0,278
27	3	2	pote de plástico	Rodajas	0,226
28	5	4	pote de plástico	Cubitos	0,278
29	5	4	tecnopor	Cubitos	0,265
30	5	4	tecnopor	Rodajas	0,252
31	7	4	sin empaque	Cubitos	0,272
32	5	2	sin empaque	Rodajas	0,245

33	5	6	tecnopor	Cubitos	0,279
34	5	4	tecnopor	Rodajas	0,252
35	5	4	sin empaque	Rodajas	0,258
36	5	6	pote de plástico	Rodajas	0,290
37	5	2	pote de plástico	Cubitos	0,245
38	5	4	pote de plástico	Rodajas	0,272
39	3	2	sin empaque	Rodajas	0,225
40	5	4	tecnopor	Rodajas	0,252
41	7	4	tecnopor	Cubitos	0,271
42	7	2	tecnopor	Cubitos	0,252
43	5	6	sin empaque	Cubitos	0,291
44	5	6	tecnopor	Rodajas	0,258
45	7	4	pote de plástico	Rodajas	0,278
46	3	6	pote de plástico	Cubitos	0,265
47	3	4	pote de plástico	Rodajas	0,251
48	5	4	pote de plástico	Rodajas	0,273
49	7	2	pote de plástico	Rodajas	0,245
50	5	4	pote de plástico	Cubitos	0,279
51	5	4	pote de plástico	Cubitos	0,278
52	5	4	sin empaque	Cubitos	0,264
53	5	4	sin empaque	Cubitos	0,265
54	7	2	sin empaque	Cubitos	0,245
55	5	4	sin empaque	Rodajas	0,258
56	7	6	sin empaque	Rodajas	0,297
57	3	4	sin empaque	Rodajas	0,245
58	3	4	tecnopor	Cubitos	0,246
59	7	6	pote de plástico	Rodajas	0,303
60	7	4	pote de plástico	Cubitos	0,284
61	5	4	pote de plástico	Cubitos	0,277
62	3	4	sin empaque	Cubitos	0,253
63	5	2	pote de plástico	Rodajas	0,245
64	5	4	sin empaque	Cubitos	0,264
65	7	2	pote de plástico	Cubitos	0,246
66	7	6	tecnopor	Cubitos	0,283
67	3	2	tecnopor	Rodajas	0,224
68	3	2	pote de plástico	Cubitos	0,233
69	3	6	tecnopor	Rodajas	0,252
70	5	4	sin empaque	Rodajas	0,258
71	7	6	sin empaque	Cubitos	0,297

72	5	4	pote de plástico	Rodajas	0,271
73	5	6	pote de plástico	Cubitos	0,297
74	5	6	sin empaque	Rodajas	0,279
75	5	4	sin empaque	Cubitos	0,264
76	5	4	pote de plástico	Rodajas	0,271
77	5	4	tecopor	Cubitos	0,264
78	3	6	sin empaque	Cubitos	0,271

Los resultados fueron analizados usando el análisis de la varianza (ANOVA) para el plan experimental usado. La ecuación de regresión obtenida después del análisis de la varianza, da los niveles de la acidez titulable como una función de las diferentes variables: Temperatura, tiempo, tipo de envase y presentación del yacón, y se muestra a continuación:

➤ **Análisis de varianza de la respuesta de acidez titulable**

En la tabla 4.6 se muestra el análisis de la varianza (ANOVA) para las respuestas en la variación de la acidez titulable, indicando que la fuente de variabilidad “modelo” se ha subdividido en varios componentes. Los componentes “A”, “A²”, “B”, “B²”, representan los efectos lineales y/o cuadráticos de la temperatura y tiempo y “C”, “D” representan el tipo de envase y presentación. Se debe precisar que la temperatura y tiempo son factores cuantitativos con 3 niveles cada uno, el tipo de envase y la presentación son factores cualitativos con 3 niveles y 2 niveles respectivamente. Los términos AB, AC, AD, BC, BD, CD son las interacciones lineales de los factores temperatura con el tiempo, temperatura con el tipo de envase, temperatura con la presentación, tiempo con tipo de envase, tiempo con presentación y tipo de envase con presentación.

Se observa que la significancia de cada efecto fue determinado usando el valor p- valor ($p < 0.05$), donde el valor p más pequeño indica la significancia alta del coeficiente para nuestro caso los valores p indican que todos los términos A, B, C, D, AB, BC, CD, A^2, B^2 son significativos, los cuales tienen un efecto notable en la variación de la acidez titulable.

El ajuste del modelo fue expresado por el coeficiente de regresión R^2 el cuál fue de 0,9681. El estadístico R^2 indica que el 96,81% de la variabilidad en la respuesta puede ser explicada por el modelo. El valor también indica que sólo el 3,19 % de la variación total no se explica por el modelo.

Tabla 4.6: Análisis de varianza para la respuesta acidez titulable.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	G. L	Cuadrado medio	Valor F	Valor P	Sig.
A-temperatura	0.00589824	1	0.00589824	380.189648	< 0.0001	Si
B-tiempo	0.01452828	1	0.01452828	936.46636	< 0.0001	Si
C-tipo de empaque	0.00205535	2	0.00102768	66.2420887	< 0.0001	Si
D-presentación	0.0007189	1	0.0007189	46.3389982	< 0.0001	Si
AB	0.00017067	1	0.00017067	11.0008579	0.0015	Si
AC	0.00002048	2	0.00001024	0.66005147	0.5205	No
AD	1.8204E-05	1	1.8204E-05	1.17342484	0.2830	No
BC	0.00044601	2	0.000223	14.3744543	< 0.0001	Si
BD	2.8444E-05	1	2.8444E-05	1.83347631	0.1807	No
CD	0.0001901	2	9.5048E-05	6.12663161	0.0038	Si
A²	0.00037889	1	0.00037889	24.4222657	< 0.0001	Si
B²	7.4124E-05	1	7.4124E-05	4.77787669	0.0327	Si
Residual	0.00094635	61	1.5514E-05			
Falta de ajuste	0.00094635	37	2.5577E-05			
Error total	0	24	0			
Total	0.0257003	77				
R²=0,9681						
Nivel de significancia 95%; p significancia (0.05)						

Los gráficos de interacción, superficie y de contorno ayudan a evaluar el efecto de las variables significativas en combinación con la variación de la acidez titulable. A continuación se representa las interacciones y las gráficas de contorno correspondientes a la variable respuesta, en función de las tres variables independientes.

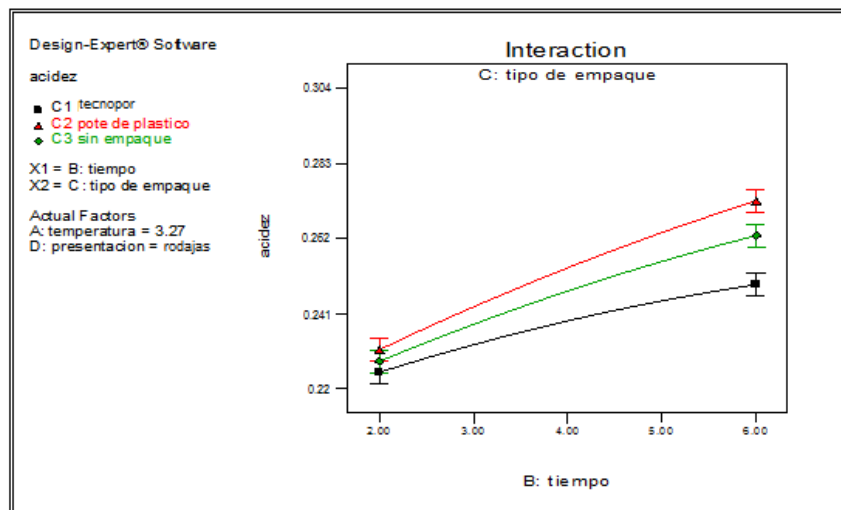


Figura 4.19: Interacción de los factores tiempo y tipo de envase sobre la variación de la acidez titulable a 3°C y presentación rodajas.

La figura 4.19 representa el gráfico de interacción de los factores tiempo y tipo de envase sobre la respuesta variación de la acidez titulable en el yacón, dicho gráfico muestra que la acidez titulable a 3°C en tecnopor y en rodajas en el día 2 fue de 0,22% mientras que para el día 6 fue de 0,252% observándose una variación de la acidez titulable, para el pote de plástico en rodajas en el día 2 fue de 0,227% mientras que para el día 6 fue de 0,272% observándose variación de la acidez titulable y para el yacón sin envase en rodajas en el día 2 fue de 0,226% mientras que para el día 6 fue de 0,258%; observando que a 3°C el yacón mínimamente procesado en tecnopor y en

rodajas, la acidez titulable tiene un grado de variación menor que en los demás tratamientos.

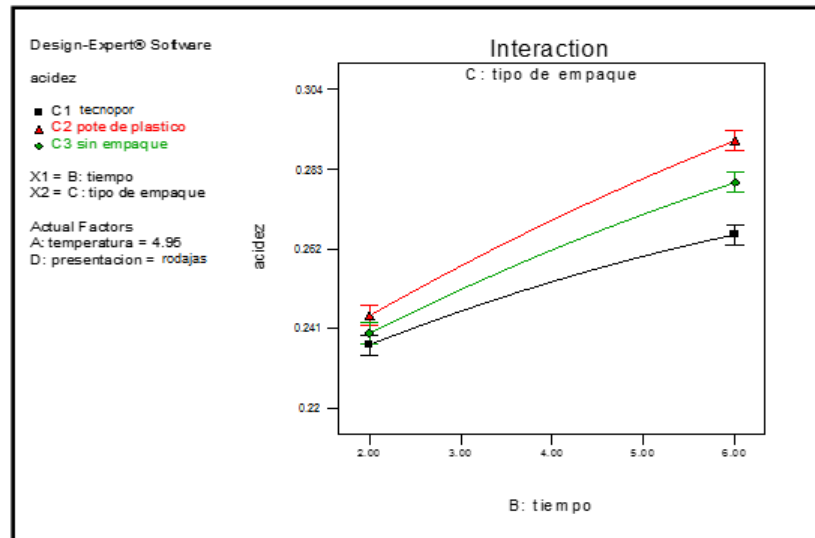


Figura 4.20: Interacción de los factores tiempo y tipo de envase sobre la variación de la acidez titulable a 5°C y presentación rodajas

La figura 4.20 representa el gráfico de interacción de los factores tiempo y tipo de envase sobre la respuesta variación de la acidez titulable en el yacón, dicho gráfico muestra que la acidez titulable a 5°C en tecnopor y rodajas en el día 2 fue de 0,239% mientras que para el día 6 fue de 0,257% observándose variación de la acidez titulable, para potes de plástico en rodajas en el día 2 fue de 0,247% mientras que para el día 6 fue de 0,290% observándose variación de la acidez titulable y para el yacón sin envase con rodajas en el día 2 fue de 0,247% mientras que para el día 6 fue de 0,278%; observándose que a 5°C el yacón mínimamente procesado en tecnopor y en rodajas, la acidez titulable tiene un grado de variación menor que en los demás tratamientos.

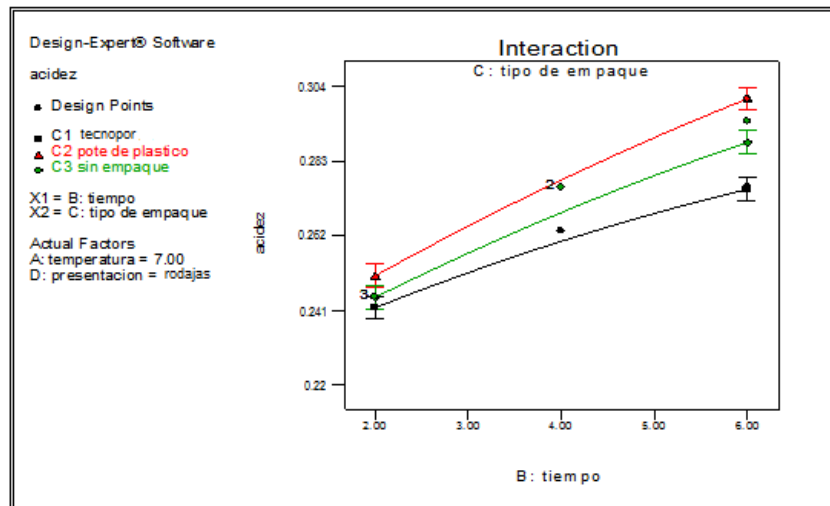


Figura 4.21: Interacción de los factores tiempo y tipo de envase sobre la variación de la acidez titulable a 7°C y presentación rodajas.

La figura 4.21 representa el gráfico de interacción de los factores tiempo y tipo de envase sobre la respuesta variación de la acidez titulable en el yacón, este gráfico muestra que la acidez titulable a 7°C para tecnopor con rodajas en el día 2 fue de 0,246% mientras que para el día 6 fue de 0,278% observándose variación de la acidez titulable, para pote de plástico con rodajas en el día 2 fue de 0,245% mientras que para el día 6 fue de 0,303% observándose variación de la acidez titulable y para el yacón sin envase con rodajas en el día 2 fue de 0,246% mientras que para el día 6 fue de 0,297%; observándose que a 7°C el yacón mínimamente procesado en tecnopor y rodajas, la acidez titulable tiene un grado de variación menor que la de los demás tratamientos.

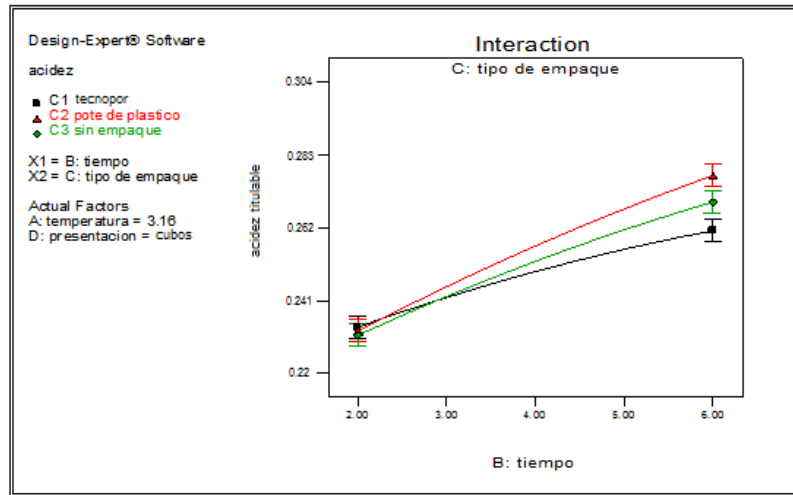


Figura 4.22: Interacción de los factores tiempo y tipo de envase sobre la variación de la acidez titulable a 3°C y presentación cubos.

La figura 4.22 representa el gráfico de interacción de los factores tiempo y tipo de envase sobre la respuesta variación de la acidez titulable en el yacón, este gráfico muestra que la acidez titulable a 3°C para tecnopor en cubos en el día 2 fue de 0,226% mientras que para el día 6 fue de 0,265% observándose ligera variación de la acidez titulable, para pote de plástico en cubos en el día 2 fue de 0,233% mientras que para el día 6 fue de 0.265% observándose variación de la acidez titulable y para el yacón sin envase con en cubos en el día 2 fue de 0,233% mientras que para el día 6 fue de 0,272%; observándose que a 3°C el yacón mínimamente procesado en tecnopor y en cubos, la acidez titulable tiene un grado de variación menor que la de los demás tratamientos.

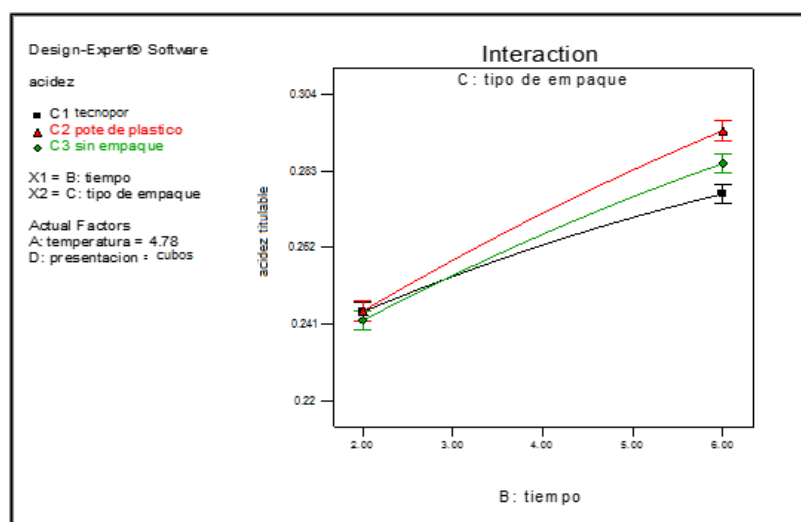


Figura 4.23: Interacción de los factores tiempo y tipo de envase sobre la variación de la acidez titulable a 5°C y presentación cubos

La figura 4.23 representa el gráfico de interacción de los factores tiempo y tipo de envase sobre la respuesta variación de la acidez titulable en el yacón, este gráfico muestra que la acidez titulable a 5°C para tecnopor en cubos en el día 2 fue de 0,246% mientras que para el día 6 fue de 0,277% observando una variación de la acidez titulable, para pote de plástico en cubos en el día 2 fue de 0,245% mientras que para el día 6 fue de 0,297% observando una variación de la acidez titulable y para el yacón sin envase en cubos en el día 2 fue de 0,246% mientras que para el día 6 fue de 0,290%; observando que a 5°C el yacón mínimamente procesado en tecnopor y en cubos, la acidez tiene un grado de variación menor que la de los demás tratamientos.

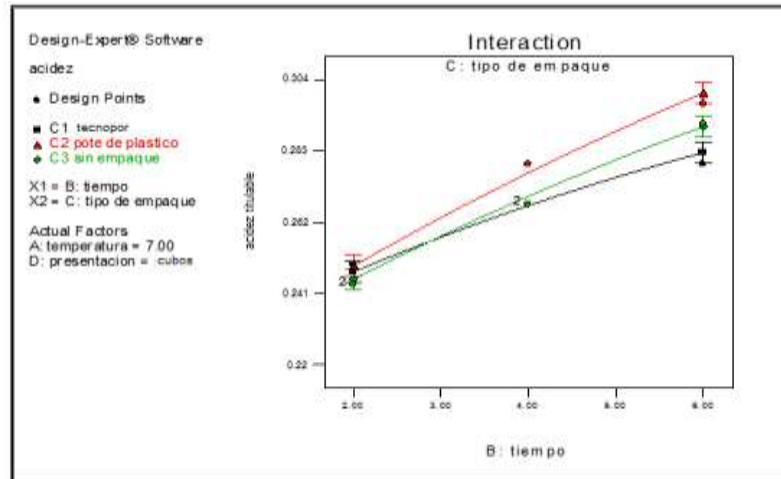


Figura 4.24: Interacción de los factores tiempo y tipo de envase sobre la variación de la acidez titulable a 7°C y presentación cubos.

La figura 4.24 representa el gráfico de interacción de los factores tiempo y tipo de envase sobre la respuesta variación de la acidez titulable en el yacón, este gráfico muestra que la acidez titulable a 7°C para tecnopor en cubos en el día 2 fue de 0,252% mientras que para el día 6 fue de 0,284 observando una variación de la acidez titulable, para pote de plástico en cubos en el día 2 fue de 0,245% mientras que para el día 6 fue de 0,302% observando una variación de la acidez titulable y para el yacón sin envase en cubos en el día 2 fue de 0,246% mientras que para el día 6 fue de 0,297%; observando que a 7°C el yacón mínimamente procesado en tecnopor y en cubos, la acidez titulable tiene un grado de variación menor que la de los demás tratamientos.

En conclusión el tratamiento que tuvo la menor variación de acidez fue el yacón mínimamente procesado envasada en bandeja tecnopor en una presentación de la fruta en rodajas a 3°C.

La acidez titulable del yacón mínimamente procesado, presento una tendencia en general a incrementarse a lo largo de todo el periodo de almacenamiento, esto se pudo deber posiblemente a la producción de algunos ácidos orgánicos como el láctico y el acético por parte de microorganismos que se desarrollan en los vegetales mínimamente procesadas. (Lamikanra *et al.*, 2000)

4.2.3. Efecto de la temperatura, tiempo, presentación y tipo de envase en la variación del atributo Olor

La descripción cuantitativa de los efectos de la variación del atributo olor fueron reportados mediante un modelo empírico en gráficos interacción, de contorno y de superficie de respuesta. Donde las variables independientes fueron: temperatura, tiempo, presentación, y tipo de envase; cuya variable respuesta fue la variación del atributo olor.

Tabla 4.7: Resultados de evaluación sensorial de atributo olor en el yacón mínimamente procesado para las diversas condiciones según el diseño factorial cuadrático

RUN	TEMPERATURA	TIEMPO	TIPO DE EMPAQUE	PRESENTACION	OLOR
1	5	4	sin empaque	cubitos	4.6
2	5	4	tecnopor	cubitos	5.6
3	7	6	tecnopor	rodajas	4.9
4	5	4	tecnopor	rodajas	6.1
5	7	4	tecnopor	rodajas	5.6
6	5	4	tecnopor	cubitos	5.6
7	3	6	sin empaque	rodajas	4.1
8	7	6	pote de plástico	cubitos	4
9	5	2	tecnopor	rodajas	6.6

10	5	2	tecnopor	cubitos	6.7
11	3	6	pote de plástico	rodajas	5.1
12	3	4	pote de plástico	cubitos	5.6
13	5	4	sin empaque	rodajas	4.9
14	7	2	sin empaque	rodajas	6
15	3	4	tecnopor	rodajas	6.3
16	5	4	sin empaque	rodajas	4.9
17	5	2	sin empaque	cubitos	5.8
18	5	4	tecnopor	cubitos	5.6
19	7	2	tecnopor	rodajas	6.7
20	7	4	sin empaque	rodajas	4.4
21	3	6	tecnopor	cubitos	5.3
22	3	2	tecnopor	cubitos	6.6
23	3	2	sin empaque	cubitos	6.1
24	5	4	tecnopor	rodajas	6.1
25	5	4	pote de plástico	rodajas	5.6
26	5	4	pote de plástico	cubitos	5.6
27	3	2	pote de plástico	rodajas	6.2
28	5	4	pote de plástico	cubitos	5.6
29	5	4	tecnopor	cubitos	5.6
30	5	4	tecnopor	rodajas	6.1
31	7	4	sin empaque	cubitos	4.1
32	5	2	sin empaque	rodajas	6.1
33	5	6	tecnopor	cubitos	5
34	5	4	tecnopor	rodajas	6.1
35	5	4	sin empaque	rodajas	4.9
36	5	6	pote de plástico	rodajas	5.2
37	5	2	pote de plástico	cubitos	6.8
38	5	4	pote de plástico	rodajas	5.6
39	3	2	sin empaque	rodajas	6.3
40	5	4	tecnopor	rodajas	6.1
41	7	4	tecnopor	cubitos	5.6
42	7	2	tecnopor	cubitos	6.4
43	5	6	sin empaque	cubitos	3.1
44	5	6	tecnopor	rodajas	5.6
45	7	4	pote de plástico	rodajas	5.6
46	3	6	pote de plástico	cubitos	5
47	3	4	pote de plástico	rodajas	5.6
48	5	4	pote de plástico	rodajas	5.6

49	7	2	pote de plástico	rodajas	6.6
50	5	4	pote de plástico	cubitos	5.6
51	5	4	pote de plástico	cubitos	5.6
52	5	4	sin empaque	cubitos	4.6
53	5	4	sin empaque	cubitos	4.6
54	7	2	sin empaque	cubitos	5.2
55	5	4	sin empaque	rodajas	4.9
56	7	6	sin empaque	rodajas	3.2
57	3	4	sin empaque	rodajas	5.2
58	3	4	tecnopor	cubitos	6.2
59	7	6	pote de plástico	rodajas	5.1
60	7	4	pote de plástico	cubitos	5
61	5	4	pote de plástico	cubitos	5.6
62	3	4	sin empaque	cubitos	4.9
63	5	2	pote de plástico	rodajas	6.7
64	5	4	sin empaque	cubitos	4.6
65	7	2	pote de plástico	cubitos	6.3
66	7	6	tecnopor	cubitos	4.2
67	3	2	tecnopor	rodajas	6.6
68	3	2	pote de plástico	cubitos	6.5
69	3	6	tecnopor	rodajas	5.5
70	5	4	sin empaque	rodajas	4.9
71	7	6	sin empaque	cubitos	2.9
72	5	4	pote de plástico	rodajas	5.6
73	5	6	pote de plástico	cubitos	5.1
74	5	6	sin empaque	rodajas	3.6
75	5	4	sin empaque	cubitos	4.6
76	5	4	pote de plástico	rodajas	5.6
77	5	4	tecnopor	cubitos	5.6
78	3	6	sin empaque	cubitos	3.4

Los resultados fueron analizados usando el análisis de la varianza (ANOVA) para el plan experimental usado.

➤ **Análisis de la varianza de la respuesta de la evaluación sensorial del atributo Olor**

En la tabla 4.8 se muestra el análisis de la varianza (ANOVA) para las respuestas en la variación del atributo olor según la evaluación sensorial, indicando que la fuente de variabilidad “modelo” se ha subdividido en varios componentes. Los componentes “A”, “A²”, “B”, “B²”, representan los efectos lineales y/o cuadráticos de la temperatura y tiempo y “C”, “D” representan el tipo de envase y presentación. Cabe mencionar que la temperatura y tiempo son factores cuantitativos con 3 niveles cada uno, el tipo de envase y la presentación son factores cualitativos con 3 niveles y 2 niveles respectivamente. Los términos AB, AC, AD, BC, BD, CD son las interacciones lineales de los factores temperatura con el tiempo, temperatura con el tipo de envase, temperatura con la presentación, tiempo con tipo de envase, tiempo con presentación y tipo de envase con presentación.

Se observa que la significancia de cada efecto fue determinado usando el valor p-valor ($p < 0.05$), donde el valor p_ valor más pequeño indica la significancia alta del coeficiente para nuestro caso los valores p indican que todos los términos A, B, C, D, AB, AC, BC, BD, CD, A² son significativos, los cuales tienen un efecto notable en la variación del olor del yacón.

El ajuste del modelo fue expresado por el coeficiente de regresión R² el cuál fue de 0.9758. El estadístico R² indica que el 97,58% de la variabilidad en la respuesta puede ser explicada por el modelo. El valor también indica que sólo el 2,42 % de la variación total no se explica por el modelo.

Tabla 4.8: Análisis de varianza para el atributo OLOR.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	G. L.	Cuadrado medio	Valor F	Valor P	Signif.
Modelo	59.1338491	16	3.69586557	140.769779	< 0.0001	
A-temperatura	2.1025	1	2.1025	80.0809591	< 0.0001	Si
B-tiempo	31.9225	1	31.9225	1215.87844	< 0.0001	Si
C-tipo de envase	19.99	2	9.995	380.694024	< 0.0001	Si
D-presentación	1.55128205	1	1.55128205	59.0859237	< 0.0001	Si
AB	0.375	1	0.375	14.2831675	0.0004	Si
AC	0.33166667	2	0.16583333	6.31633407	0.0032	Si
AD	0.26694444	1	0.26694444	10.1674992	0.0023	Si
BC	1.91166667	2	0.95583333	36.4062069	< 0.0001	Si
BD	0.23361111	1	0.23361111	8.89788434	0.0041	Si
CD	0.20794872	2	0.10397436	3.96022183	0.0242	Si
A²	0.23340038	1	0.23340038	8.88985804	0.0041	Si
B²	0.0692734	1	0.0692734	2.63851616	0.1095	No
Residual	1.60153551	61	0.02625468			
Falta de ajuste	1.60153551	37	0.04328474			
Error total	0	24	0			
Total	60.7353846	77				
R²=0,9758						
Nivel de significancia 95%; p significancia (0.05)						

Los gráficos de interacción, superficie y de contorno ayudan a evaluar el efecto de las variables significativas en combinación con la variación del olor. A continuación se representa las de interacciones y las gráficas de contorno correspondientes a la variable respuesta, en función de las tres variables independientes.

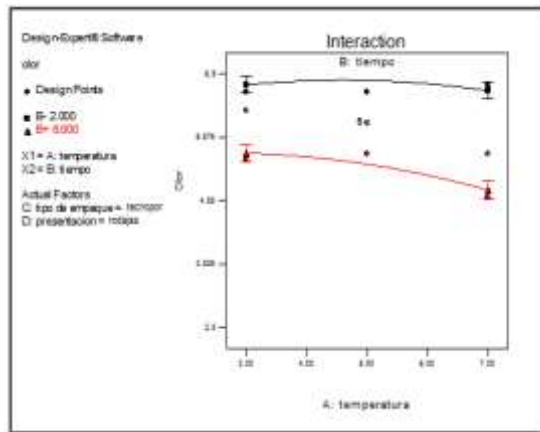


Figura 4.25: Interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (tecnopor y rodajas)

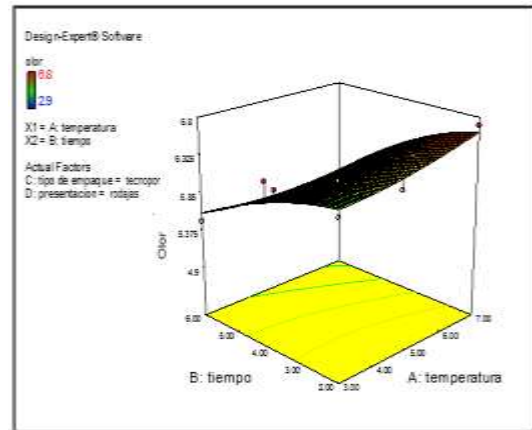


Figura 4.26: Superficie de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (tecnopor y rodajas)

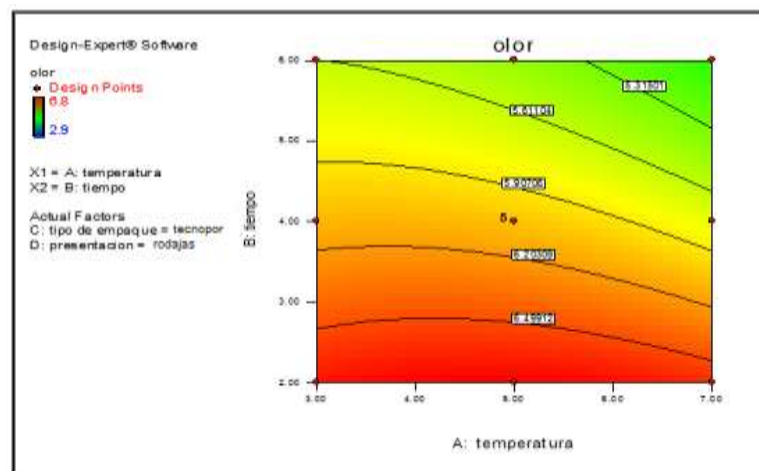


Figura 4.27: Contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (tecnopor y rodajas)

Las figuras 4.25, 4.26 y 4.27 son gráficos de interacción, superficie y contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta variación del olor (tecnopor y rodajas). Con la evaluación sensorial del yacón mínimamente procesado se pudo obtener la variación del olor, para lo cual se utilizó una escala hedónica de 7 puntos, iniciando con 1-muy desagradable hasta 7-similar al producto fresco, se considera que para la

preferencia del yacón debe tener una puntuación como mínimo de 5- ligeramente parecido al producto fresco. Estos gráficos muestran que la variación del olor a 3°C para el día 2 fue de 6,6 mientras que para el día 6 fue de 5,7 observando variación del olor; a 5 °C para el día 2 fue de 6,6 mientras para el día 6 fue de 5,6 observándose mayor variación, comparada con los datos anteriores; a 7°C para el día 2 fue de 6,7 mientras que para el día 6 fue de 4,9 observando que a 3°C el olor en el yacón mínimamente procesado se conserva más tiempo que a 5°C y 7 °C.

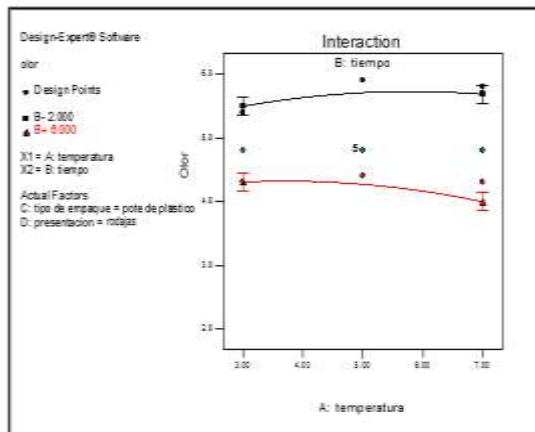


Figura 4.28: Interacción de los factores tiempo y temperatura sobre sobre la variación del olor (pote de plástico y rodajas)

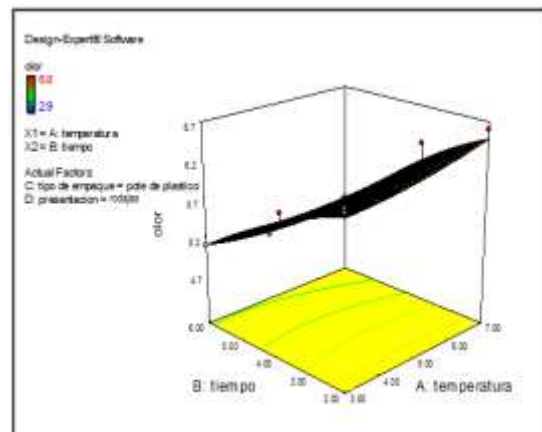


Figura 4.29: Superficie de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (pote de plástico y rodajas)

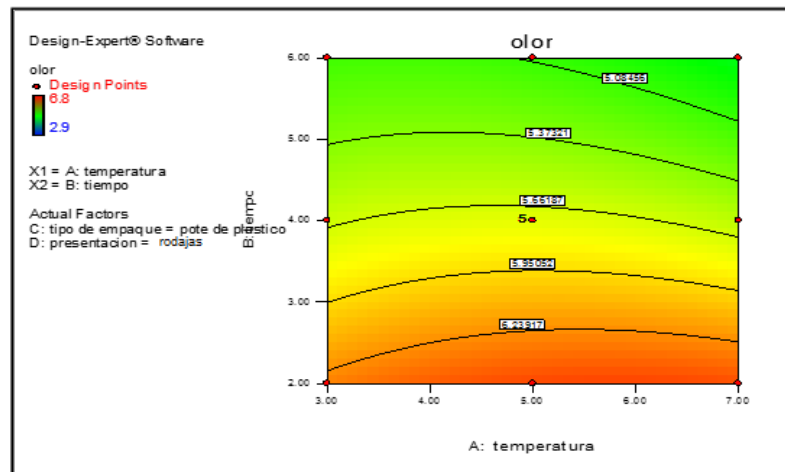


Figura 4.30: Contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (pote de plástico y rodajas)

Las figuras 4.28, 4.29 y 4.30 son gráficos de superficie, contorno e interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta variación del olor (en tipo de envase de pote de plástico y presentación rodajas). Con la evaluación sensorial del yacón mínimamente procesado se pudo obtener la variación del olor, para lo cual se utilizó una escala hedónica de 7 puntos, iniciando con 1-muy desagradable hasta 7-similar al producto fresco, se considera que para la aceptabilidad del yacón se debe tener una puntuación como mínimo de 5-ligeramente parecido al producto fresco. Estos gráficos muestran que la variación del olor a una temperatura de 3°C para el día 2 es 6,2 mientras que para el día 6 es de 5,3 observando una variación del olor , a una temperatura de 5 °C para el día 2 es 6,7 mientras para el día 6 es de 5,2 observándose una variación mayor comparada con los datos anteriores, a una temperatura de 7°C para el día 2 es de 6,6 mientras que para el día 6 es de 5,1 observando que a 3°C el olor en el yacón mínimamente procesado se conserva más tiempo que a 5 y 7 °C.

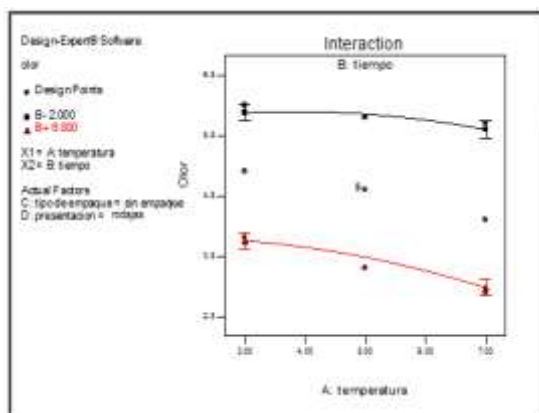


Figura 4.31: Interacción de los factores tiempo y temperatura sobre sobre la variación del olor (sin envase y rodajas)

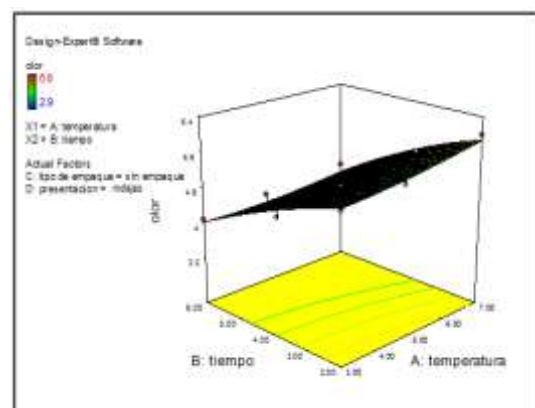


Figura 4.32: Superficie de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (sin envase y rodajas)

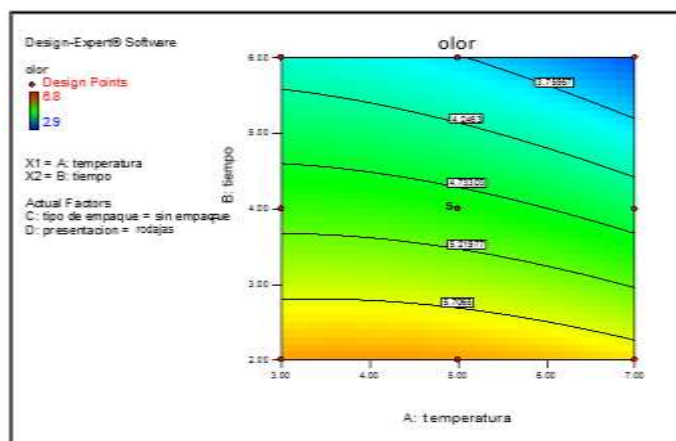


Figura 4.33: Contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (sin envase y rodajas)

Las figuras 4.31, 4.32 y 4.33 son gráficos de interacción, superficie y contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta variación del olor (sin envase y rodajas). Con la evaluación sensorial del yacón mínimamente procesado se pudo obtener la variación del olor, para lo cual se utilizó una escala hedónica de 7 puntos, iniciando con 1-muy desagradable hasta 7-similar al producto fresco, se considera que para la preferencia del yacón debe tener una puntuación como mínimo de 5- ligeramente parecido al producto fresco. Estos gráficos muestran que la variación del olor a 3°C para el día 2 fue de 6,3 mientras que para el día 6 fue de 4.1 observando variación del olor, a 5 °C para el día 2 fue de 6,1 mientras para el día 6 fue de 3,6 observándose mayor variación comparada con los datos anteriores, a 7°C para el día 2 fue de 6,0 mientras que para el día 6 fue de 3,2 observándose que a 3°C el olor en el yacón mínimamente procesado se conserva más tiempo que a 5°C y 7 °C.

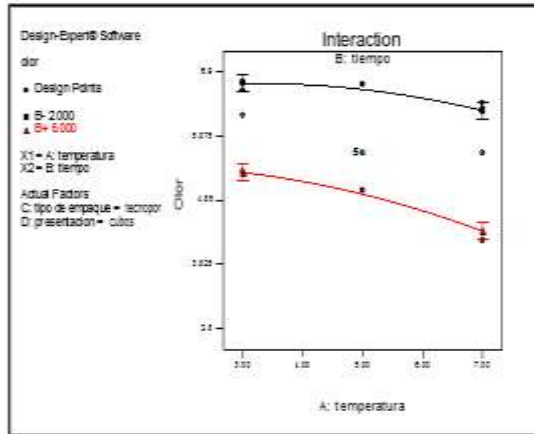


Figura 4.34: Interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (tecnopor y cubos)

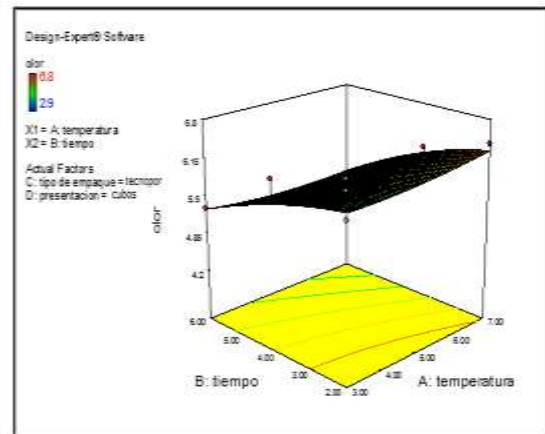


Figura 4.35: Superficie de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (tecnopor y cubos)

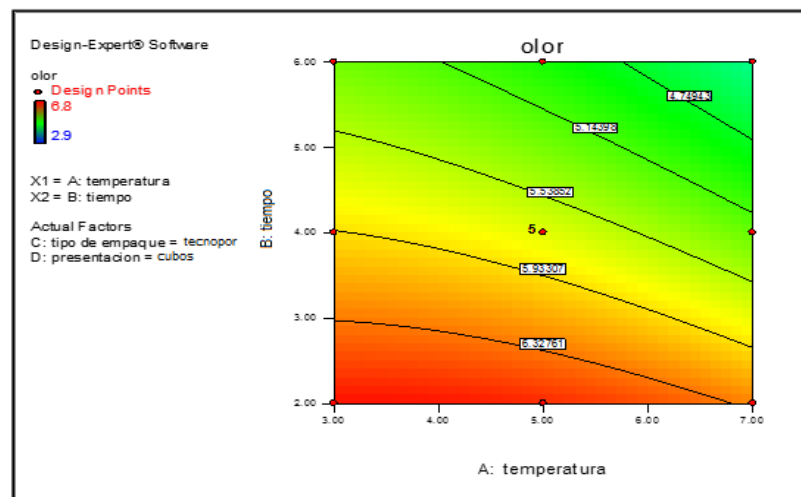


Figura 4.36: Contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (tecnopor y cubos)

Las figuras 4.34, 4.35 y 4.36 son gráficos de superficie, contorno e interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta variación del olor (en tipo de envase tecnopor y presentación cubos). Con la evaluación sensorial del yacón mínimamente procesado se pudo obtener la variación del olor, para lo cual se utilizó una escala hedónica de 7 puntos, iniciando con 1-muy desagradable hasta 7-similar al producto fresco, se considera que para la aceptabilidad del yacón debe tener una puntuación como mínimo de 5-ligeramente parecido al producto fresco. Estos gráficos

muestran que la variación del olor a una temperatura de 3°C para el día 2 es 6,6 mientras que para el día 6 es de 5,3 observando una variación del olor , a una temperatura de 5 °C para el día 2 es 6,7 mientras para el día 6 es de 5,0 observándose una variación mayor comparada con los datos anteriores, a una temperatura de 7°C para el día 2 es de 6,4 mientras que para el día 6 es de 4,2 observando que a 3°C el olor en el yacón mínimamente procesado se conserva más tiempo que a 5 y 7 °C.

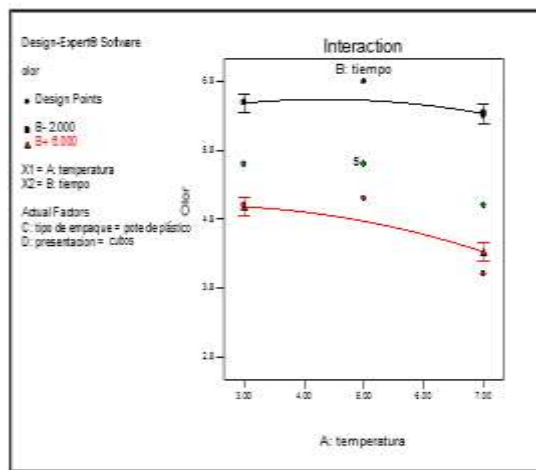


Figura 4.37: Interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (pote plástico y cubos)

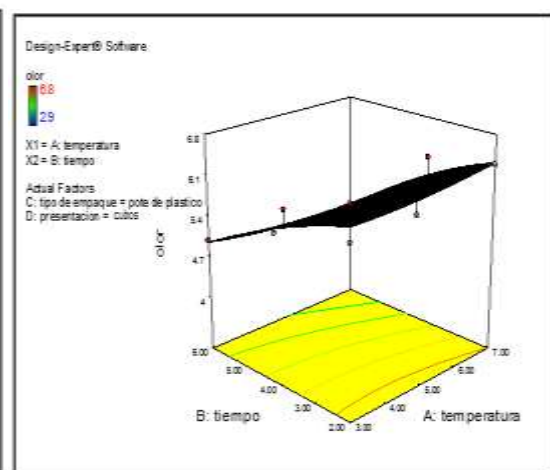


Figura 4.38: Superficie de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (pote plástico y cubos)

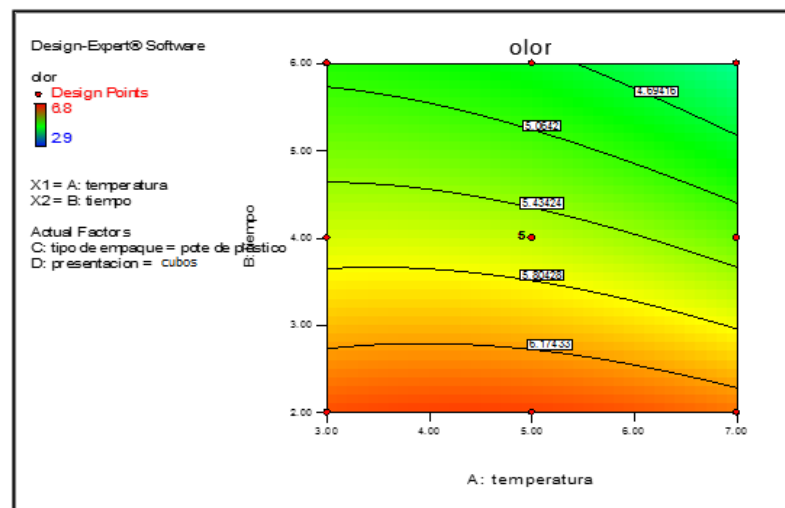


Figura 4.39: Contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (pote plástico y cubos)

Las figuras 4.37, 4.38 y 4.39 son gráficos de interacción, superficie y contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta variación del olor (potes de plástico y cubos). Con la evaluación sensorial del yacón mínimamente procesado se pudo obtener la variación del olor, para lo cual se utilizó una escala hedónica de 7 puntos, iniciando con 1-muy desagradable hasta 7-similar al producto fresco, se considera que para la preferencia del yacón debe tener una puntuación como mínimo de 5- ligeramente parecido al producto fresco. Estos gráficos muestran que la variación del olor a 3°C para el día 2 fue de 6,5 mientras que para el día 6 fue de 5,0 observando variación del olor, a 5 °C para el día 2 fue de 6,8 mientras para el día 6 fue de 5,1 observándose mayor variación comparada con los datos anteriores, a 7°C para el día 2 fue de 6,3 mientras que para el día 6 fue de 4,0 observando que a 3°C el olor en el yacón mínimamente procesada se conserva más tiempo que a 5°C y 7 °C.

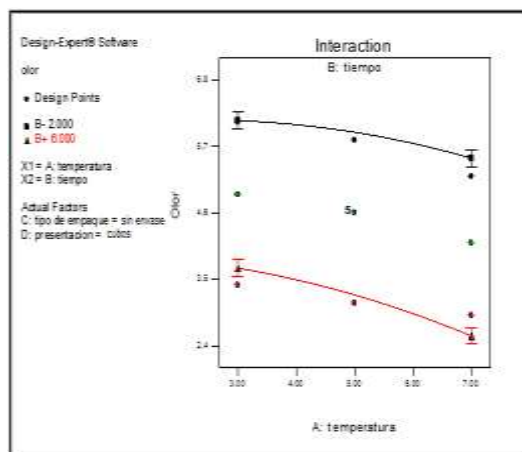


Figura 4.40: Interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (sin envase y cubos)

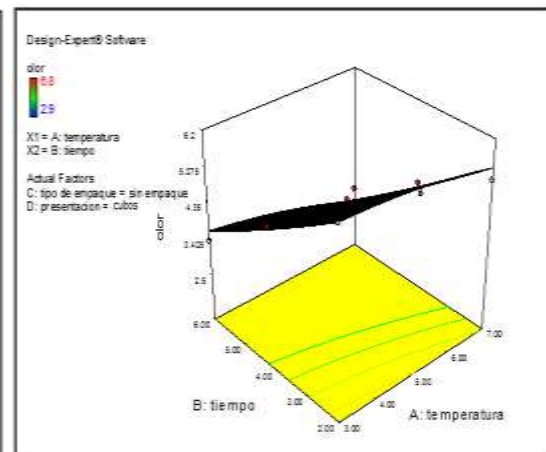


Figura 4.41: Superficie de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (sin envase y cubos)

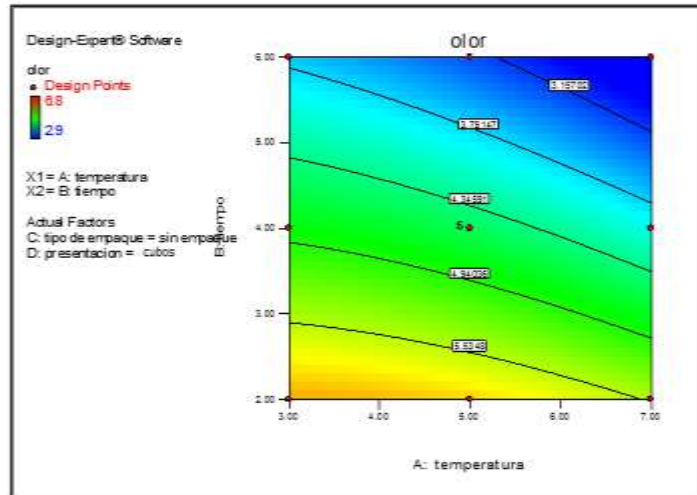


Figura 4.42: Contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (sin envase y cubos)

Las figuras 4.40, 4.41 y 4.42 son gráficos de interacción, superficie y contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta variación del olor (sin envase y cubos). Con la evaluación sensorial del yacón mínimamente procesado se pudo obtener la variación del olor, para lo cual se utilizó una escala hedónica de 7 puntos, comenzando con 1-muy desagradable hasta 7-similar al producto fresco, se considera que para la preferencia del yacón debe tener una puntuación como mínimo de 5- ligeramente parecido al producto fresco. Estos gráficos muestran que la variación del olor a 3°C para el día 2 fue de 6,1 mientras que para el día 6 fue de 3.4 observando variación del olor, a 5 °C para el día 2 fue de 5,8 mientras para el día 6 fue de 3,1 observándose mayor variación comparada con los datos anteriores, a 7°C para el día 2 fue de 5,2 mientras que para el día 6 fue de 2,9 observando que a 3°C el olor en el yacón mínimamente procesada se conserva más tiempo que a 5°C y 7°C.

De los gráficos se observa que a 3°C el olor en el yacón mínimamente procesado tiene una menor variación. Para yacón envasado en tecnopor en presentación rodajas el olor varió de 6,6 a 5,7; en el envase de pote de plástico en presentación rodajas varió de 6,2 a 5,3; sin envase en presentación rodajas varió de 6,3 a 4,1; en tecnopor en presentación cubos varió de 6,6 a 5,3; en el envase de pote de plástico en cubos varió de 6,5 a 5,0 y sin envase en una presentación en cubos varió de 6,1 a 3,4. Con estos resultados podemos precisar que el yacón mantiene mejor su olor a 3°C con un envase de tecnopor con una presentación en rodajas.

4.2.4. Efecto de la temperatura, tiempo, presentación y tipo de envase sobre la variación del atributo Color

La descripción cuantitativa de los efectos en la variación del color fueron reportados mediante un modelo empírico, gráficos interacción y de contorno de respuesta. Donde las variables independientes fueron; temperatura, tiempo, tipo de envase y tipo de presentación, cuya variable respuesta fue la variación del color.

Tabla 4.9: Resultados de evaluación sensorial de atributo Color en el yacón mínimamente procesado para las diversas condiciones según El Diseño Factorial cuadrático

RUN	TEMPERATURA	TIEMPO	TIPO DE EMPAQUE	PRESENTACION	COLOR
1	5	4	sin empaque	cubitos	4.3
2	5	4	tecnopor	cubitos	5.9
3	7	6	tecnopor	rodajas	5
4	5	4	tecnopor	rodajas	5.8

5	7	4	tecnopor	rodajas	5.7
6	5	4	tecnopor	cubitos	5.9
7	3	6	sin empaque	rodajas	3.5
8	7	6	pote de plástico	cubitos	4.5
9	5	2	tecnopor	rodajas	6.4
10	5	2	tecnopor	cubitos	6.5
11	3	6	pote de plástico	rodajas	5.7
12	3	4	pote de plástico	cubitos	5.6
13	5	4	sin empaque	rodajas	4.6
14	7	2	sin empaque	rodajas	5.9
15	3	4	tecnopor	rodajas	6.2
16	5	4	sin empaque	rodajas	4.6
17	5	2	sin empaque	cubitos	6.2
18	5	4	tecnopor	cubitos	5.9
19	7	2	tecnopor	rodajas	6.5
20	7	4	sin empaque	rodajas	4.3
21	3	6	tecnopor	cubitos	5.6
22	3	2	tecnopor	cubitos	6.8
23	3	2	sin empaque	cubitos	6.1
24	5	4	tecnopor	rodajas	5.8
25	5	4	pote de plástico	rodajas	5.8
26	5	4	pote de plástico	cubitos	5.9
27	3	2	pote de plástico	rodajas	6.4
28	5	4	pote de plástico	cubitos	5.9
29	5	4	tecnopor	cubitos	5.9
30	5	4	tecnopor	rodajas	5.8
31	7	4	sin empaque	cubitos	4.1
32	5	2	sin empaque	rodajas	6.1
33	5	6	tecnopor	cubitos	5.3
34	5	4	tecnopor	rodajas	5.8
35	5	4	sin empaque	rodajas	4.6
36	5	6	pote de plástico	rodajas	5.4
37	5	2	pote de plástico	cubitos	6.5
38	5	4	pote de plástico	rodajas	5.8
39	3	2	sin empaque	rodajas	6
40	5	4	tecnopor	rodajas	5.8
41	7	4	tecnopor	cubitos	5.5
42	7	2	tecnopor	cubitos	6.3
43	5	6	sin empaque	cubitos	3.5

44	5	6	tecnopor	rodajas	5.7
45	7	4	pote de plástico	rodajas	5.6
46	3	6	pote de plástico	cubitos	5.1
47	3	4	pote de plástico	rodajas	6
48	5	4	pote de plástico	rodajas	5.8
49	7	2	pote de plástico	rodajas	6.4
50	5	4	pote de plástico	cubitos	5.9
51	5	4	pote de plástico	cubitos	5.9
52	5	4	sin empaque	cubitos	4.3
53	5	4	sin empaque	cubitos	4.3
54	7	2	sin empaque	cubitos	5.8
55	5	4	sin empaque	rodajas	4.6
56	7	6	sin empaque	rodajas	2.9
57	3	4	sin empaque	rodajas	4.7
58	3	4	tecnopor	cubitos	6.2
59	7	6	pote de plástico	rodajas	5.4
60	7	4	pote de plástico	cubitos	5.4
61	5	4	pote de plástico	cubitos	5.9
62	3	4	sin empaque	cubitos	4.5
63	5	2	pote de plástico	rodajas	6.5
64	5	4	sin empaque	cubitos	4.3
65	7	2	pote de plástico	cubitos	6.2
66	7	6	tecnopor	cubitos	4.9
67	3	2	tecnopor	rodajas	6.6
68	3	2	pote de plástico	cubitos	6.4
69	3	6	tecnopor	rodajas	5.8
70	5	4	sin empaque	rodajas	4.6
71	7	6	sin empaque	cubitos	2.1
72	5	4	pote de plástico	rodajas	5.8
73	5	6	pote de plástico	cubitos	4.9
74	5	6	sin empaque	rodajas	3.2
75	5	4	sin empaque	cubitos	4.3
76	5	4	pote de plástico	rodajas	5.8
77	5	4	tecnopor	cubitos	5.9
78	3	6	sin empaque	cubitos	3.4

Los resultados fueron analizados usando el análisis de la varianza (ANOVA) para el plan experimental usado.

➤ **Análisis de la varianza de la respuesta de la evaluación sensorial del atributo Color**

En el cuadro 4.10 se muestra el análisis de la varianza (ANOVA) para las respuestas en la variación del atributo Color según la evaluación sensorial, indicando que la fuente de variabilidad “modelo” se ha subdividido en varios componentes. Los componentes “A”, “A²”, “B”, “B²”, representan los efectos lineales y/o cuadráticos de la temperatura y tiempo y “C”, “D” representan el tipo de envase y presentación. Cabe mencionar que la temperatura y tiempo son factores cuantitativos con 3 niveles cada uno, el tipo de envase y la presentación son factores cualitativos con 3 niveles y 2 niveles respectivamente. Los términos AB, AC, AD, BC, BD, CD son las interacciones lineales de los factores temperatura con el tiempo, temperatura con el tipo de envase, temperatura con la presentación, tiempo con tipo de envase, tiempo con presentación y tipo de envase con presentación.

Se observa que la significancia de cada efecto fue determinado usando el valor p-valor ($p < 0.05$), donde el valor p_ valor más pequeño indica la significancia alta del coeficiente para nuestro caso los valores p indican que todos los términos A, B, C, D, AB, BC, BD, A², B² son significativos, los cuales tienen un efecto notable en la variación del Color del yacón.

El ajuste del modelo fue expresado por el coeficiente de regresión R^2 el cuál fue de 0.9847. El estadístico R^2 indica que el 98,47% de la variabilidad en la respuesta puede ser explicada por el modelo. El valor también indica que sólo el 1.53 % de la variación total no se explica por el modelo.

Tabla 4.10: Análisis de varianza para el atributo COLOR.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	G. L.	Cuadrado medio	Valor F	Valor P	Sig.
Modelo	69.5486601	16	4.34679126	220.386174	< 0.0001	
A-temperatura	2.00694444	1	2.00694444	101.753864	< 0.0001	Si
B-tiempo	28.6225	1	28.6225	1451.18615	< 0.0001	Si
C-tipo de empaque	31.6325641	2	15.8162821	801.899534	< 0.0001	Si
D-presentación	0.27128205	1	0.27128205	13.7542407	0.0005	Si
AB	0.51041667	1	0.51041667	25.8785779	< 0.0001	Si
AC	0.06888889	2	0.03444444	1.7463639	0.183	No
AD	0.04694444	1	0.04694444	2.38012499	0.1281	No
BC	5.82166667	2	2.91083333	147.581833	< 0.0001	Si
BD	0.23361111	1	0.23361111	11.8442906	0.001	Si
CD	0.0925641	2	0.04628205	2.34654107	0.1043	No
A²	0.18230022	1	0.18230022	9.24278285	0.0035	Si
B²	0.14991927	1	0.14991927	7.60103984	0.0077	Si
Residual	1.20313476	61	0.01972352			
Falta de ajuste	1.20313476	37	0.03251716			
Error total	0	24	0			
Total	70.7517949	77				
$R^2=0,9847$						
Nivel de significancia 95%; p significancia (0.05)						

Los gráficos de interacción, superficie y de contorno ayudan a evaluar el efecto de las variables significativas en combinación con la variación del Color. A continuación se representa las interacciones y las gráficas de contorno correspondientes a la variable respuesta, en función de las cuatro variables independientes. Dichas gráficas se muestran a continuación:

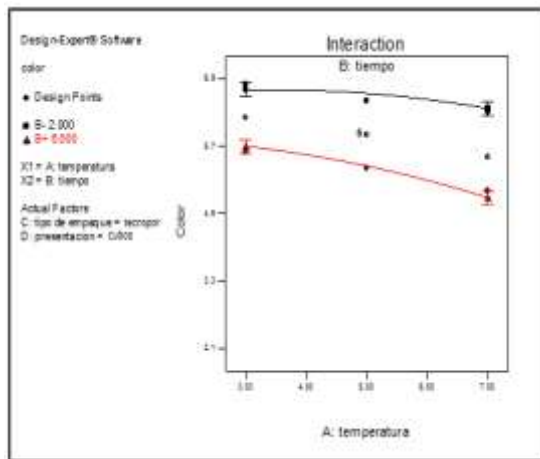


Figura 4.43: Interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (tecnopor y cubos)

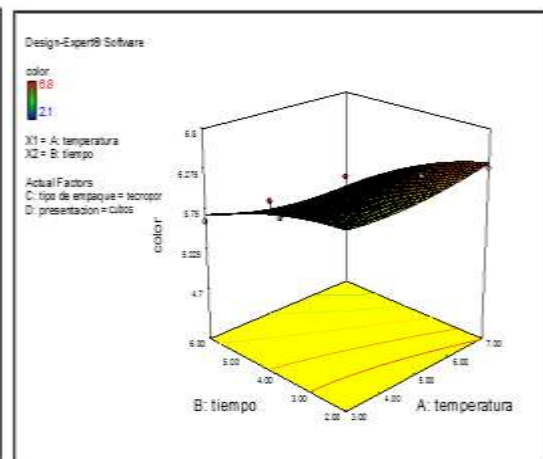


Figura 4.44: Superficie de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (tecnopor y cubos)

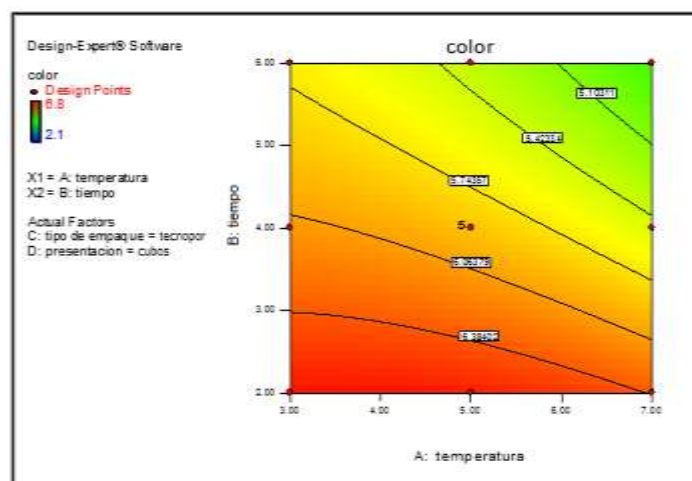


Figura 4.45: Contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (tecnopor y cubos)

Las figuras 4.43, 4.44 y 4.45 son gráficos de superficie, contorno e interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta variación del color (en tipo de envase de bandeja tecnopor y presentación cubos). Con la evaluación sensorial del yacón mínimamente procesado se pudo obtener la variación del color, para lo cual se utilizó una escala hedónica de 7 puntos, iniciando con 1-muy desagradable hasta 7-similar al producto fresco, se considera que para la aceptabilidad del yacón debe tener una puntuación como mínimo de 5-ligeramente parecido al producto fresco. Estos gráficos muestran que la variación del color a una temperatura de 3°C para el día 2 es 6,8 mientras que para el día 6 es de 5,6 observando una variación del color, a una temperatura de 5 °C para el día 2 es 6,5 mientras para el día 6 es de 5,3 observándose una variación mayor comparada con los datos anteriores, a una temperatura de 7°C para el día 2 es de 6,3 mientras que para el día 6 es de 4,9 observando que a 3°C el color en el yacón mínimamente procesada se conserva más tiempo que a 5 y 7 °C.

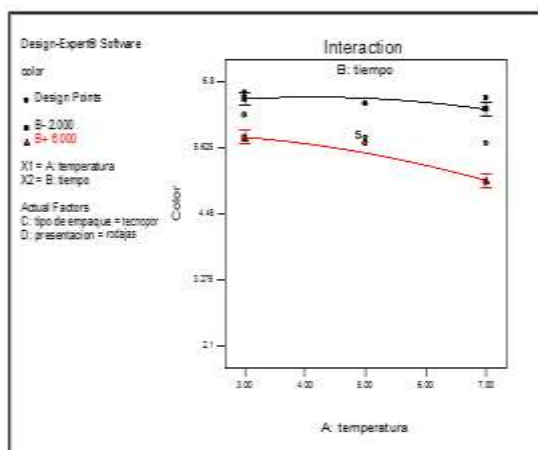


Figura 4.46: Interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (tecnopor y rodajas)

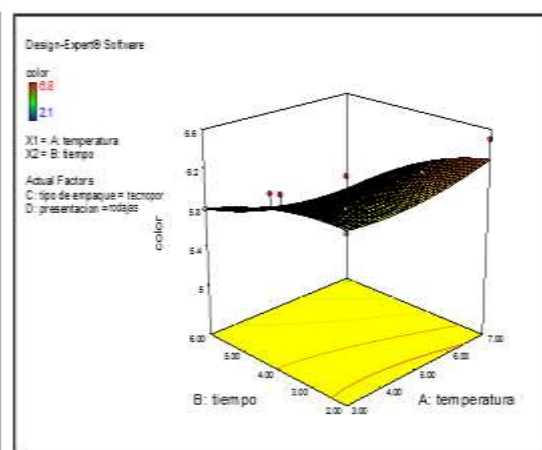


Figura 4.47: Superficie de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (tecnopor y rodajas)

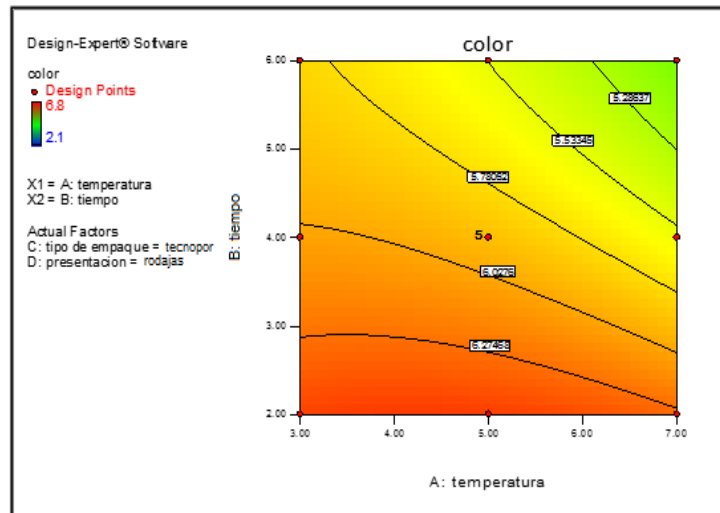


Figura 4.48: Contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (tecnopor y rodajas)

Las figuras 4.46, 4.47 y 4.48 son gráficos de superficie, contorno e interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta variación del color (en tipo de envase de tecnopor y presentación en rodajas). Con la evaluación sensorial del yacón mínimamente procesado se pudo obtener la variación del color, para lo cual se utilizó una escala hedónica de 7 puntos, iniciando con 1-muy desagradable hasta 7-similar al producto fresco, se considera que para la aceptabilidad del yacón debe tener una puntuación como mínimo de 5- ligeramente parecido al producto fresco. Estos gráficos muestran que la variación del color a una temperatura de 3°C para el día 2 es 6,6 mientras que para el día 6 es de 5,8 observando una variación del color, a una temperatura de 5 °C para el día 2 es 6,4 mientras para el día 6 es de 5,7 observándose una variación mayor comparada con los datos anteriores, a una temperatura de 7°C para el día 2 es de 6,5 mientras que para el día 6 es de 5,0 observando que a 3°C el color en el yacón mínimamente procesado se conserva más tiempo que a 5 y 7 °C.

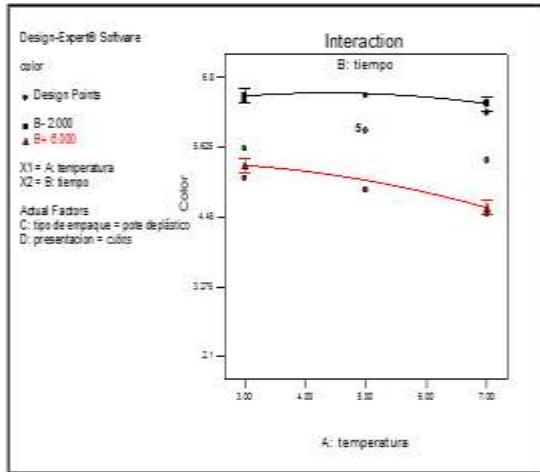


Figura 4.49: Interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (pote plástico y cubos)

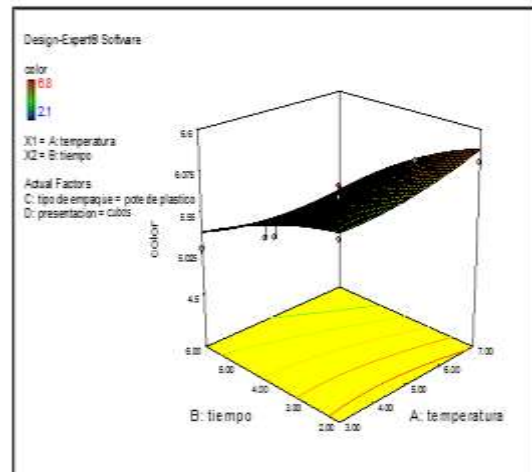


Figura 4.50: Superficie de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (pote plástico y cubos)

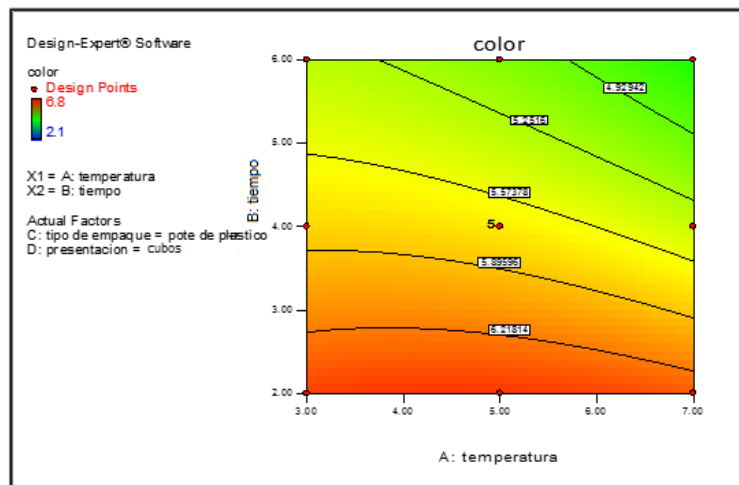


Figura 4.51: Contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (pote plástico y cubos)

Las figuras 4.49, 4.50 y 4.51 son gráficos de interacción, superficie y contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta variación del color (en tipo de envase de pote de plástico y presentación cubos). Con la evaluación sensorial del yacón mínimamente procesado se pudo obtener la variación del color, para lo cual se utilizó una escala hedónica de 7 puntos, iniciando con 1-muy desagradable hasta 7-similar al producto fresco, se considera que para la aceptabilidad del yacón debe tener una puntuación como mínimo de 5- ligeramente parecido al producto fresco. Estos gráficos

muestran que la variación del color a una temperatura de 3°C para el día 2 es 6,4 mientras que para el día 6 es de 5,1 observando una variación del color , a una temperatura de 5 °C para el día 2 es 6,5 mientras para el día 6 es de 4,9 observándose una variación mayor comparada con los datos anteriores, a una temperatura de 7°C para el día 2 es de 6,2 mientras que para el día 6 es de 4,5 observando que a 3°C el color en el yacón mínimamente procesada se conserva más tiempo que a 5 y 7 °C.

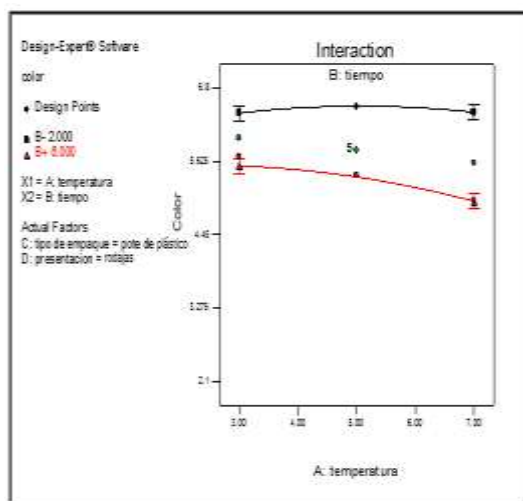


Figura 4.52: Interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (pote plástico y rodajas)

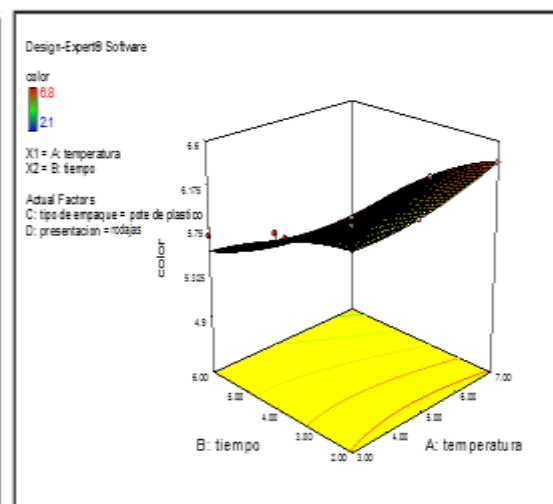


Figura 4.53: Superficie de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (pote plástico y rodajas)

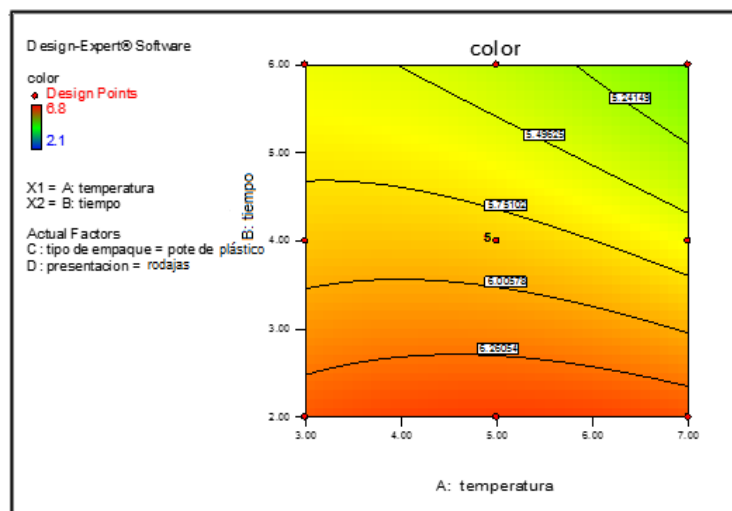


Figura 4.54: Contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (pote plástico y rodajas)

Las figuras 4.52, 4.53 y 4.54 son gráficos de superficie, contorno e interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta variación del color (en tipo de envase de pote de plástico y presentación rodajas). Con la evaluación sensorial del yacón mínimamente procesado se pudo obtener la variación del color, para lo cual se utilizó una escala hedónica de 7 puntos, iniciando con 1-muy desagradable hasta 7-similar al producto fresco, se considera que para la aceptabilidad del yacón debe tener una puntuación como mínimo de 5-ligeramente parecido al producto fresco. Estos gráficos muestran que la variación del color a una temperatura de 3°C para el día 2 es 6,4 mientras que para el día 6 es de 5.7 observando una variación del color, a una temperatura de 5 °C para el día 2 es 6,5 mientras para el día 6 es de 5,4 observándose una variación mayor comparada con los datos anteriores, a una temperatura de 7°C para el día 2 es de 6,4 mientras que para el día 6 es de 5,0 observando que a 3°C el color en el yacón mínimamente procesado se conserva más tiempo que a 5 y 7 °C.

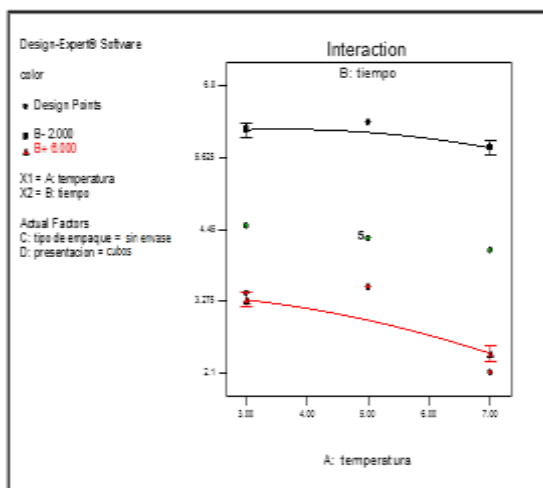


Figura 4.55: Interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (sin envase y cubos)

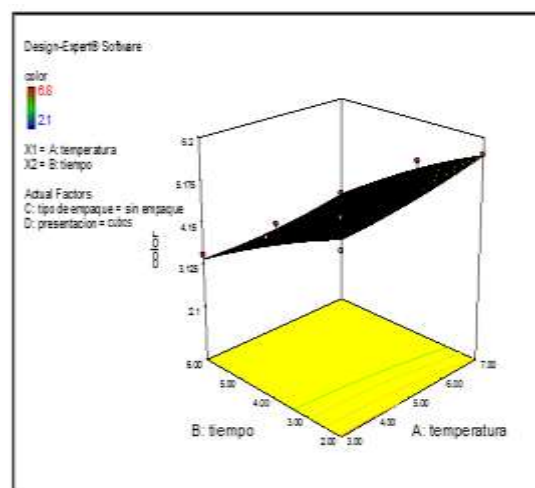


Figura 4.56: Superficie de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (sin envase y cubos)

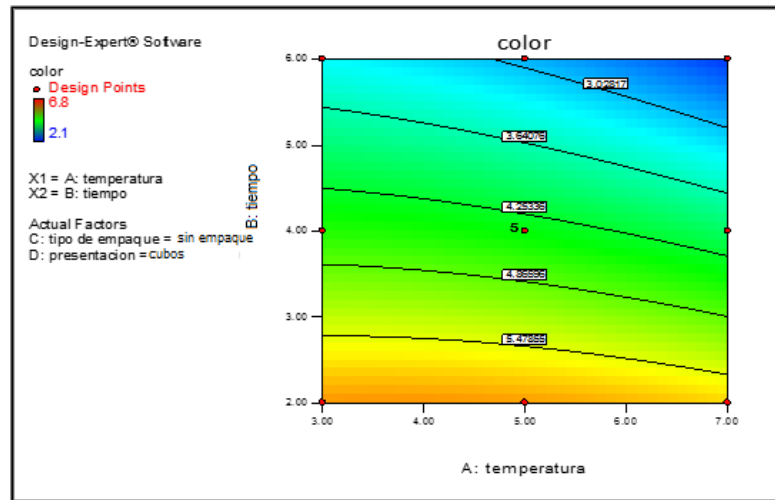


Figura 4.57: Contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (sin envase y cubos)

Las figuras 4.55 4.56 y 4.57 son gráficos de superficie, contorno e interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta variación del color (sin envase y cubos). Con la evaluación sensorial del yacón mínimamente procesado se pudo obtener la variación del color, para lo cual se utilizó una escala hedónica de 7 puntos, iniciando con 1-muy desagradable hasta 7-similar al producto fresco, se considera que para la aceptabilidad del yacón debe tener una puntuación como mínimo de 5- ligeramente parecido al producto fresco. Estos gráficos muestran que la variación del color a una temperatura de 3°C para el día 2 es 6,1 mientras que para el día 6 es de 3.5 observando una variación del color , a una temperatura de 5 °C para el día 2 es 6,2 mientras para el día 6 es de 3,4 observándose una variación mayor comparada con los datos anteriores, a una temperatura de 7°C para el día 2 es de 5,8 mientras que para el día 6 es de 3,1 observando que a 3°C el color en el yacón mínimamente procesado se conserva más tiempo que a 5 y 7 °C.

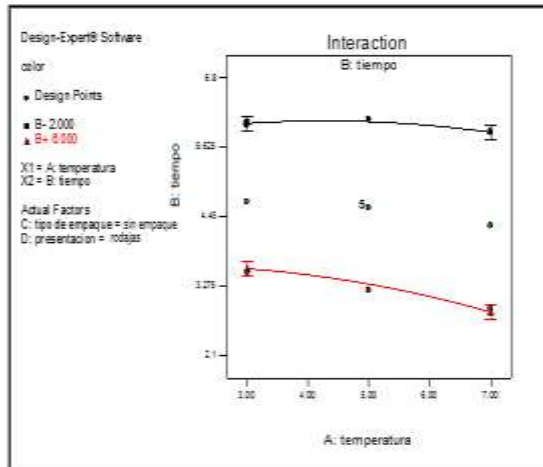


Figura 4.58: Interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (sin envase y rodajas)

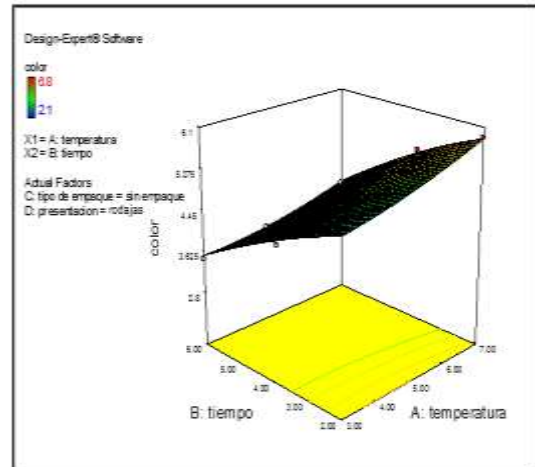


Figura 4.59: Superficie de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (sin envase y rodajas)

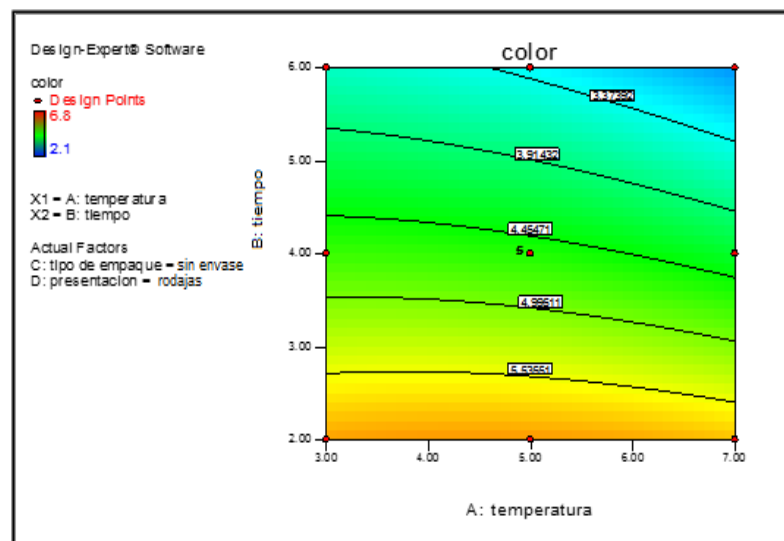


Figura 4.60: Contorno de los factores tiempo y temperatura sobre la variación del olor (sin envase y rodajas)

Las figuras 4.58, 4.59 y 4.60 son gráficos de superficie, contorno e interacción de los factores tiempo y temperatura sobre la respuesta variación del color (sin envase y rodajas). Con la evaluación sensorial del yacón mínimamente procesado se pudo obtener la variación del color, para lo cual se utilizó una escala hedónica de 7 puntos, iniciando con 1-muy desagradable hasta 7-similar al producto fresco, se considera que para la aceptabilidad del yacón debe tener una puntuación como mínimo de 5-

ligeramente parecido al producto fresco. Estos gráficos muestran que la variación del color a una temperatura de 3°C para el día 2 es 6,0 mientras que para el día 6 es de 3,5 observando una variación del color, a una temperatura de 5 °C para el día 2 es 6,1 mientras para el día 6 es de 3,2 observándose una variación mayor comparada con los datos anteriores, a una temperatura de 7°C para el día 2 es de 5,9 mientras que para el día 6 es de 2,9 observando que a 3°C el color en el yacón mínimamente procesado se conserva más tiempo que a 5 y 7 °C.

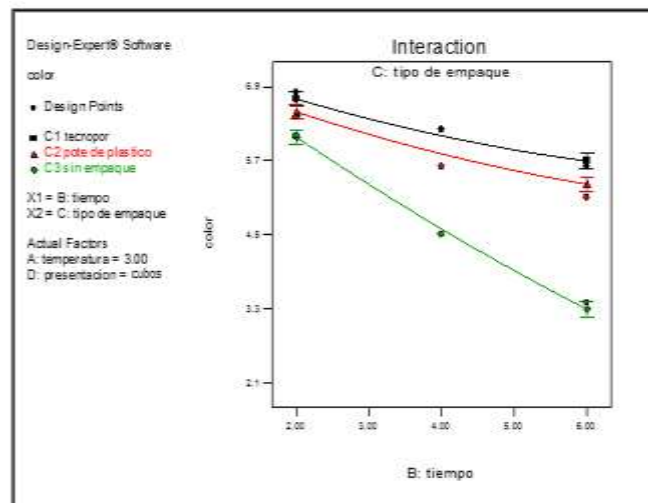


Figura 4.61: Interacción de los factores tiempo y tipo de envase sobre la variación de color a 3°C (presentación cubos).

En la figura 4.61 se muestra el gráfico de interacción de los factores tiempo y tipo de empaque sobre la respuesta variación de color, este gráfico representa el color del yacón mínimamente procesado a una temperatura de 3°C para la bandeja tecnopor con el yacón en una presentación en cubos en el día 2 es 6.8 mientras que para el día 6 es de 5.6 observando una variación del color, para el envase de pote de plástico con el yacón en una presentación en cubos en el día 2 es 6,4 mientras que para el día 6 es de

5,1 observando una variación del color y para el yacón sin ningún envase con una presentación cubos en el día 2 es 6.1 mientras que para el día 6 es de 3,5; observando que a 3°C el yacón mínimamente procesado en un tipo de envase de bandeja tecnopor y en una presentación del tubérculo en cubos, el color tiene un grado de variación menor que la de los demás tratamientos.

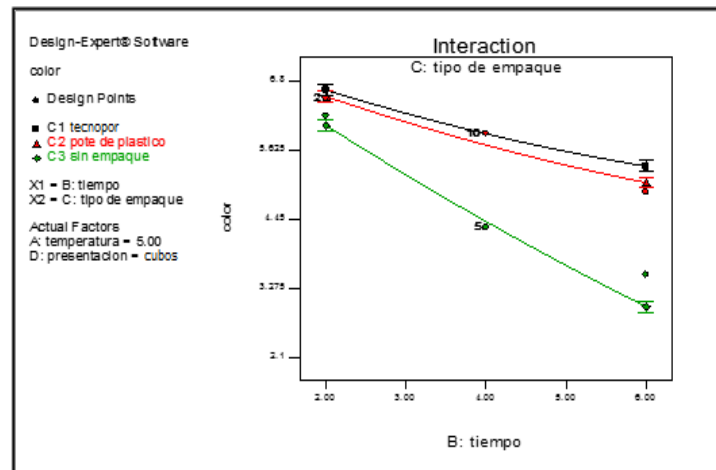


Figura 4.62: Interacción de los factores tiempo y tipo de envase sobre la variación de color a 5°C (presentación cubos).

La figura 4.62 es el gráfico de interacción de los factores tiempo y tipo de empaque sobre la respuesta variación de color, este gráfico muestra que el color del yacón mínimamente procesado a una temperatura de 5°C para la bandeja tecnopor con el yacón en una presentación en cubos en el día 2 es 6,5 mientras que para el día 6 es de 5,3 observando una variación del color, para el envase de pote de plástico con el yacón en una presentación en cubos en el día 2 es 6.5 mientras que para el día 6 es de 4,9 observando una variación del color y para el yacón sin ningún envase con una presentación cubos en el día 2 es 6,2 mientras que para el día 6 es de 3,4;

observando que a 5°C el yacón mínimamente procesado en un tipo de envase de bandeja tecnopor y en una presentación del fruto en cubos, el color tiene un grado de variación menor que la de los demás tratamientos.

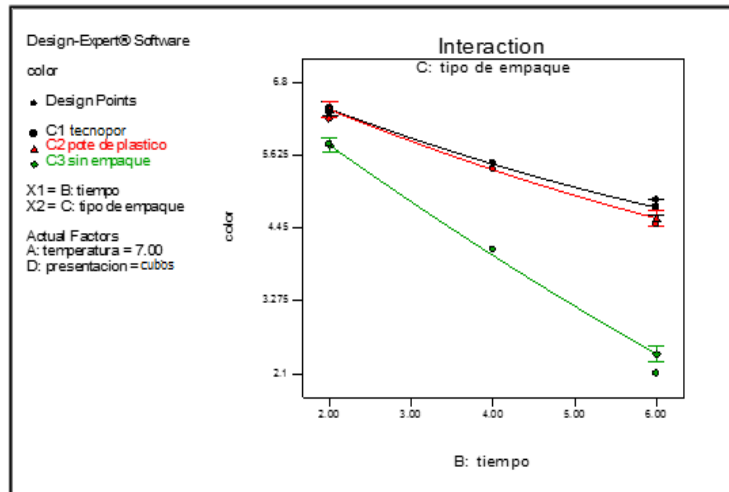


Figura 4.63: Interacción de los factores tiempo y tipo de empaque sobre la respuesta variación de color a 7°C (presentación cubos)

La figura 4.63 es el gráfico de interacción de los factores tiempo y tipo de empaque sobre la respuesta variación de color, este gráfico muestra que el color del yacón mínimamente procesado a una temperatura de 7°C para la bandeja tecnopor con el yacón en una presentación en cubos en el día 2 es 6,3 mientras que para el día 6 es de 4,9 observando una variación del color, para el envase de pote de plástico con el yacón en una presentación en cubos en el día 2 es 6,2 mientras que para el día 6 es de 4,5 observando una variación del color y para el yacón sin ningún envase con una presentación cubos en el día 2 es 5,8 mientras que para el día 6 es de 3,1; observando que a 7°C el yacón mínimamente procesado en un tipo de envase de bandeja tecnopor y en una presentación del fruto en cubos, el color tiene un grado de variación menor que la de los demás tratamientos.

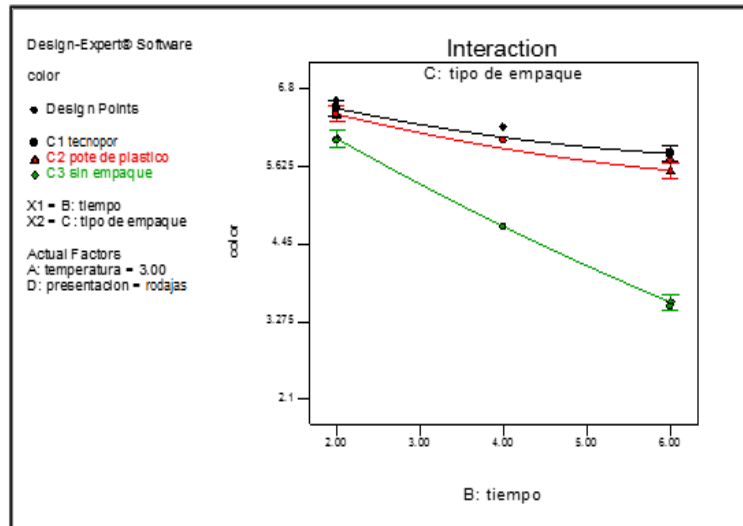


Figura 4.64: Interacción de los factores tiempo y tipo de envase sobre la variación de color a 3°C (presentación rodajas).

La figura 4.64 es el gráfico de interacción de los factores tiempo y tipo de envase sobre la respuesta variación de color, este gráfico muestra que el color del yacón mínimamente procesado a una temperatura de 3°C para la bandeja tecnopor con el yacón en una presentación en rodajas en el día 2 es 6,6 mientras que para el día 6 es de 5,8 observando una variación del color, para el envase de pote de plástico con el yacón en una presentación en rodajas en el día 2 es 6,4 mientras que para el día 6 es de 5,7 observando una variación del color y para el yacón sin ningún envase con una presentación en rodajas en el día 2 es 6,0 mientras que para el día 6 es de 3,5; observando que a 3°C el yacón mínimamente procesado en un tipo de envase de bandeja tecnopor y en una presentación del tubérculo en rodajas, el color tiene un grado de variación menor que la de los demás tratamientos.

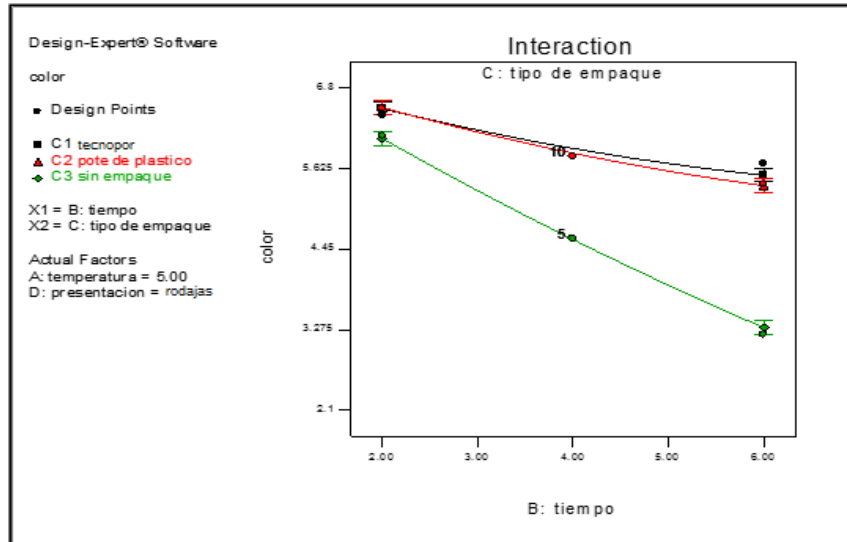


Figura 4.65: Interacción de los factores tiempo y tipo de empaque sobre la variación de color a 5°C (presentación en rodajas).

La figura 4.65 es el gráfico de interacción de los factores tiempo y tipo de envase sobre la respuesta variación de color, este gráfico muestra que el color del yacón mínimamente procesado a una temperatura de 5°C para la bandeja tecnopor con el yacón en una presentación en rodajas en el día 2 es 6,4 mientras que para el día 6 es de 5,7 observando una variación del color, para el envase de pote de plástico con el yacón en una presentación en rodajas en el día 2 es 6,5 mientras que para el día 6 es de 5,4 observando una variación del color y para el yacón sin ningún envase con una presentación en rodajas en el día 2 es 6,1 mientras que para el día 6 es de 3,2; observando que a 5°C el yacón mínimamente procesado en un tipo de envase de bandeja tecnopor y en una presentación en rodajas , el color tiene un grado de variación menor que la de los demás tratamientos.

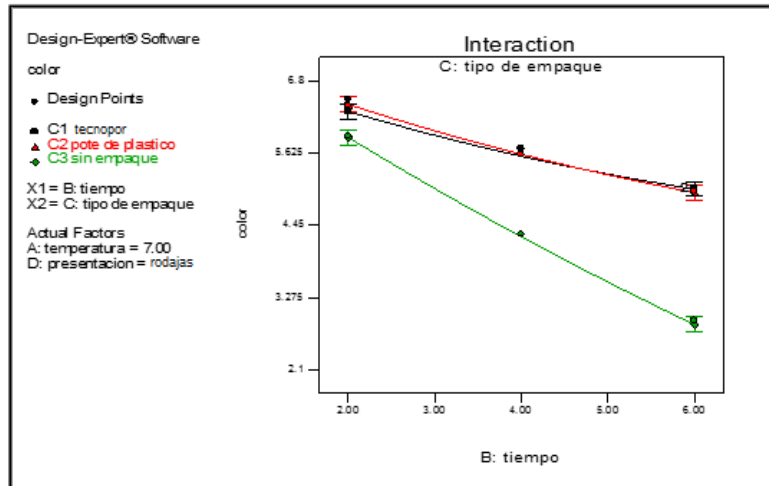


Figura 4.66: Interacción de los factores tiempo y tipo de envase sobre la variación de color a 7°C (presentación en rodajas).

La figura 4.66 es el gráfico de interacción de los factores tiempo y tipo de envase sobre la respuesta variación de color, este gráfico muestra que el color del yacón mínimamente procesado a una temperatura de 7°C para la bandeja tecnopor con el yacón en una presentación en rodajas en el día 2 es 6,5 mientras que para el día 6 es de 5,0 observando una variación del color, para el envase de pote de plástico con el yacón en una presentación en rodajas en el día 2 es 6,4 mientras que para el día 6 es de 5.0 observando una variación del color y para el yacón sin ningún envase con una presentación en rodajas en el día 2 es 5,9 mientras que para el día 6 es de 2,9; observando que a 7°C el yacón mínimamente procesada en un tipo de envase de bandeja tecnopor y en una presentación en rodajas , el color tiene un grado de variación menor que la de los demás tratamientos.

Podemos concluir que el yacón mínimamente procesado en bandeja tecnopor y con una presentación en rodajas, tiene la menor variación de

color comparado con los demás tratamientos; también se observa que la temperatura de 3°C es la que mantiene mejor el color del yacón.

4.3. DETERMINACION DE LAS CONDICIONES OPTIMAS PARA EL YACÓN MINIMAMENTE PROCESADO

En base a los resultados anteriores, que nos muestran cómo influye la temperatura, tiempo, presentación y tipo de envase en la conservación de la vitamina C, variación de la acidez titulable, conservación del olor y del color, se determinó las condiciones en que se maximice la conservación de la vitamina C, se maximice la acidez titulable, se maximice el olor y color; teniendo en cuenta que el tiempo mínimo fue de 6 días.

La determinación de estas condiciones se realizó de forma analítica empleando el software Design Expert 7.0, el cuál analizó gráficamente la interacción de las cuatro variables bajo diferentes condiciones en el espacio, para cada una de las respuestas tanto de vitamina C, acidez titulable, olor y color, para luego hacer una interacción entre estas superficies en el espacio, generando en su interacción una serie de puntos, y teniendo en cuenta las restricciones planteadas, se encontró el punto donde se maximiza la concentración de la vitamina C, acidez titulable, olor y color.

En base a los resultados anteriores, que nos muestra cómo influye la temperatura, tiempo, presentación y tipo de envase, en la tasa de conservación de la vitamina C, de acidez titulable, olor y color, se determinó las condiciones en que se maximice la conservación de la vitamina C, se

maximice la acidez titulable, se maximice el olor y color; teniendo en cuenta que el tiempo mínimo fue de 6 días.

Los rangos a evaluar de las diferentes variables fueron: Temperatura de 3 a 7°C, tiempo de 2 a 6 días, tipos de envase en bandeja tecnopor, potes de plástico y sin envase para rodajas y cubos. Los datos puntuales se muestran en la tabla 4.11.

Tabla 4.11: Resultados de las condiciones óptimas de tratamiento usando el Software Estadístico Design Expert 7.0

Nombre	Limite	Límite Inferior	Limite Superior	peso Superior	Peso Inferior	Importancia
Temperatura	Está en el rango	3	7	1	1	3
Tiempo	Está en el valor de 6	2	6	1	1	4
Tipo de envase	Está en el rango	Bandeja tecnopor	Sin empaque	1	1	3
Presentación	Está en el rango	Cubos	Rodajas	1	1	3
Vitamina c	Maximizando	12.3674	23.5045	1	1	5
Acidez titulable	Está en el rango	0.32	0.4032	1	1	3
Olor	Maximizando	2.9	6.8	1	1	4
Color	Maximizando	2.1	6.8	1	1	4

Aplicando la metodología de la función deseada mediante el software estadístico Design Expert 7.0 se obtuvieron los siguientes resultados mostrados en la tabla 4.12.

Tabla 4.12: Solución para las combinaciones de los niveles de cada factor.

N°	T (°C)	Tiempo (Días)	Tipo de empaque	Present.	Vitamina C	acidez	olor	color
1	3	6	Bandeja de tecnopor	Rodajas	12,3441	0.248	5.61	5.81
2	3	6	Pote de polipropileno	Rodajas	11, 4317	0.265	5.11	5.56
3	3	6	Bandeja de tecnopor	Cubitos	10,6437	0.261	5.29	5.70
4	3	6	Pote de polipropileno	Cubitos	10,1224	0.272	4.98	5.32

El mejor tratamiento para el yacón mínimamente procesada es a 3°C en un tipo de envase de bandeja tecnopor con una presentación en rodajas, la cual hasta el día 6 de almacenamiento, según el análisis sensorial realizado, se encuentra aceptable, con un nivel de aceptación en el olor de 5,61 y en el color de 5,81 según la escala hedónica utilizada para el análisis sensorial, en la cual el mínimo de puntuación para la aceptabilidad es de 5. Con respecto a la vitamina C la inicial es de 15,33 mg/100g y en el día 6 es 12,34 mg/100g es decir se conservó 81,57 % de la vitamina C.

Mientras que el segundo mejor tratamiento para el yacón mínimamente procesada es a 3°C en un tipo de envase potes de plástico con una presentación en rodajas, la cual hasta el día 6 de almacenamiento, según el análisis sensorial realizado, se encuentra aceptable, con un nivel de aceptación en el olor de 5,11 y en el color de 5,56 según la escala hedónica utilizada para el análisis sensorial, en la cual el mínimo de puntuación para la aceptabilidad es de 5. Con respecto a la Vitamina C la inicial es de 15,33 mg/100g y en el día 6 es 11,43 mg/100g es decir se conservó 75,28 % de la vitamina C.

4.4. EVALUACION DEL YACÓN MINIMAMENTE PROCESADO

4.4.1 Evaluación de la Vitamina C en el yacón mínimamente procesado

El contenido de vitamina C en el yacón mínimamente procesado, presentó una tendencia en general a disminuir a lo largo de todo el periodo de almacenamiento desde 15,33 mg de ácido ascórbico/ 100 g. en el primer día hasta 11,26 mg de ácido ascórbico/ 100 g. en el octavo día para el yacón envasado en bandeja tecnopor en rodajas y desde 15,33 mg de vitamina C/ 100 g en el primer día hasta 8,63 mg de vitamina C/ 100 g en el octavo día para el yacón en envase de pote de plástico en presentación rodajas, esta degradación de la vitamina C, es debido posiblemente a varios factores, como calor, luz, oxígeno y pH (Klein et al., 1985).

Factores como estos están presentes durante la vida de almacenamiento y pueden haber influido en la pérdida de vitamina C. El tiempo de almacenamiento también influye en la pérdida de vitamina C, ya que las pérdidas aumentan en el transcurso del almacenamiento.

La oxidación de la vitamina C es acelerada por la acción de las enzimas (ascorbato oxidasa o peroxidasa), durante el almacenamiento de los frutos y hortalizas. Las enzimas actúan de forma intensa, cuando hay ruptura de los tejidos vegetales o frutos, o también cuando los mismos son mantenidos sobre congelamiento inadecuado (Cheftel & Cheftel, 1992).

El corte de los tejidos aumenta la actividad enzimática, resultando una pérdida rápida de la vitamina C por productos mínimamente procesados (Chitarra, 1998).

Fennema (2000), refiere que el ácido ascórbico es el responsable en buena parte de el fenómeno de pardeamiento que ocurre en los jugos y concentrados de fruta. El papel del ácido ascórbico es de fundamental importancia en la coloración de los productos cítricos. Las soluciones modelos que contienen ácido ascórbico en presencia de aminoácido se oscurecen más rápidamente que las soluciones de azúcares y aminoácidos bajo las mismas condiciones. También se produce pardeamiento en soluciones de ácido ascórbico puro, especialmente a altos valores de pH. En los jugos cítricos el pardeamiento ocurre cuando la mayor parte del ácido ascórbico ha desaparecido. La descomposición en presencia de aire, o bajo condiciones oxidativas, comienzan con su oxidación a ácido dehidroascórbico, y la transformación de este a ácido 2,3- diacetogulónico.

Yahia et al., (2001), precisa que en presencia de oxígeno, al ácido ascórbico se degrada fundamentalmente vía su monoanión (HA^-) rindiendo ácido dehidroascórbico (A). La ruta precisa y la velocidad global dependen de la concentración de catalizadores metálicos (Mn^{+}) en el sistema. Si los catalizadores metálicos son Cu^{2+} y Fe^{3+} las constantes de velocidad específica son mucho mayores a las de oxidación espontánea. Por ello, incluso unas pocas partes por millón de estos metales pueden ocasionar pérdidas muy importantes de vitamina C en los productos alimenticios. La ruta oxidativa catalizada implica la formación de un complejo metal-anión

($MHA^{(n-1)+}$) que se combina con el oxígeno rindiendo un complejo metal-oxígeno-ligando, ($MHAO_2^{(n-1)+}$). Este último complejo tiene la forma de resonancia de un di radical que se descompone rápidamente para dar el radical anión ascorbato ($A^{\cdot-}$), el ion metálico original (Mn^+) y (HO_2). El $A^{\cdot-}$ reacciona después rápidamente con el O_2 para originar ácido dehidroascórbico (A). El comportamiento del oxígeno adquiere una gran importancia cuando se pretende explicar la influencia de los azúcares y otros solutos en la estabilidad del ácido ascórbico; a elevadas concentraciones de solutos hay un efecto de insolubilización por salado del oxígeno disuelto. En la ruta oxidativa no catalizada, el anión ascorbato ($HA^{\cdot-}$) sufre el ataque directo del oxígeno molecular en un fase limitante de la velocidad, rindiendo primero los radicales amónicos ($A^{\cdot-}$) y ($HO_2^{\cdot-}$) que rápidamente se transforman en (A) y H_2O . Las dos rutas mencionadas no se pueden distinguir por el análisis de los productos de la reacción Como el ácido dehidroascórbico se transforma rápidamente en ascorbato mediante una reducción suave, la pérdida de actividad vitamínica se produce sólo después de la hidrólisis de la lactona para formar ácido 2,3-dicetoglucónico (DKG, no tiene virtud antiescorbútica).

Fennema (2000) señala una ruta de degradación anaeróbica en la cual el ácido ascórbico reaccionaría vía su cetotautómero. El tautómero estaría en equilibrio con su anión ($HA^{\cdot-}$ ceto) que sufriría una deslactonización a DKG. De cualquier manera, la contribución de esta ruta al proceso global es muy baja.

Los valores puntuales de la vitamina C para los mejores tratamientos a lo largo del periodo de almacenamiento se presentan en el anexo 5, las que se muestran en la figura 4.67.

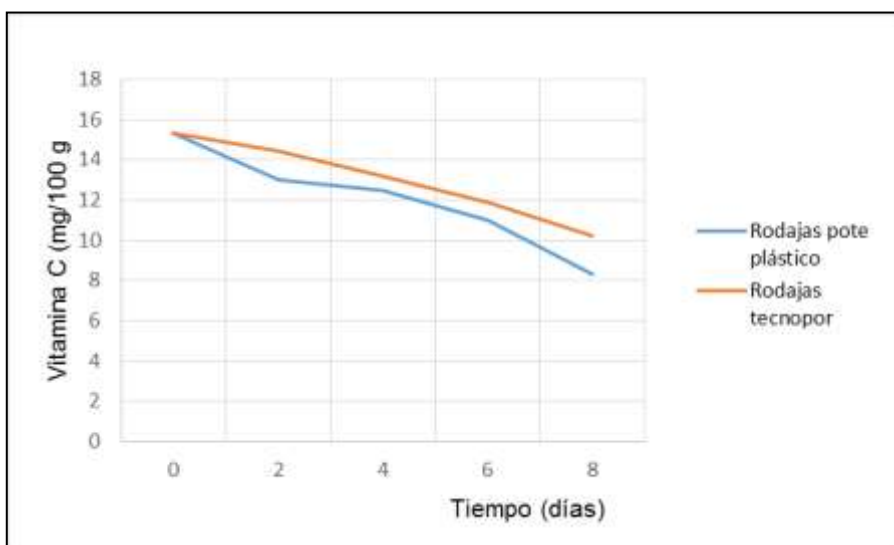


Figura 4.67: Evolución de la vitamina C en el yacón mínimamente procesado en diferente tipo de envase a 3°C.

4.4.2 Evaluación de la acidez titulable en el yacón mínimamente procesado

La acidez del yacón mínimamente procesado, presentó una tendencia en general a incrementarse a lo largo de todo el periodo de almacenamiento desde 0,2042 (% ácido cítrico) hasta 0,2627 (% ácido cítrico) para la bandeja tecnopor en rodajas y desde 0,2042 (% ácido cítrico) hasta 0,3013 (% ácido cítrico) para el envase de potes de plástico en rodajas esto se debió a la producción de algunos ácidos orgánicos como el láctico y el acético por parte de microorganismos que se desarrollan en las frutas mínimamente procesadas (Lamikanra *et al.*, 2000).

El incremento de la acidez conforme aumenta el tiempo de almacenamiento, se debe a la respiración más intensa, que se produce en el interior del envase a lo largo del tiempo.

Los valores puntuales de acidez para los mejores tratamientos a lo largo del periodo de almacenamiento se presentan en el anexo 5, y se muestran en la figura 4.68.

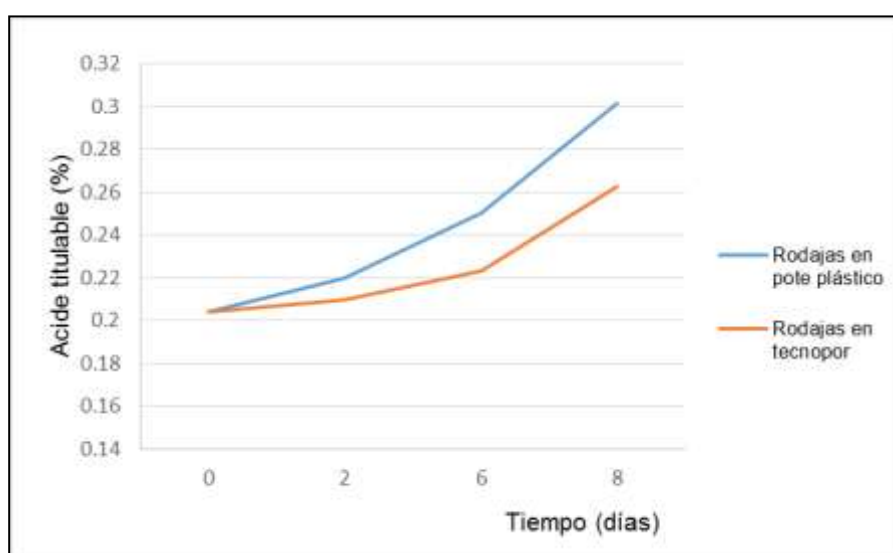


Figura 4.68: Evolución de la Acidez titulable en el yacón mínimamente procesado en diferente tipo de envase a 3°C

4.4.3 Evaluación de la razón de pérdida de peso en el yacón mínimamente procesado

En cuanto a la razón de pérdida de peso podemos observar que la presentación rodajas en tecnopor así como rodajas en pote de plástico a 3°C, presenta una tendencia a disminuir durante todo el periodo de

almacenamiento desde el segundo día de 0,995 hasta 0,972 y 0,998 hasta 0,984 con un R^2 0,985 y 0,944 respectivamente.

Estas pérdidas de peso se deben a muchos factores como la tasa de respiración, calor, tiempo de almacenamiento, etc. Al observar la figura 4.68 se comprueba que la presentación en rodajas en tecnopor, presenta menos pérdida de peso en comparación con rodajas en pote de plástico. Esto se debe a que el polipropileno presenta una alta barrera frente al vapor de agua, evitando una pérdida excesiva de la misma y la deshidratación del producto (Artés *et al.*, 1997).

Los valores puntuales de pérdida de peso, a lo largo del periodo de almacenamiento se presentan en el anexo 6, y se muestran en la figura 4.69.

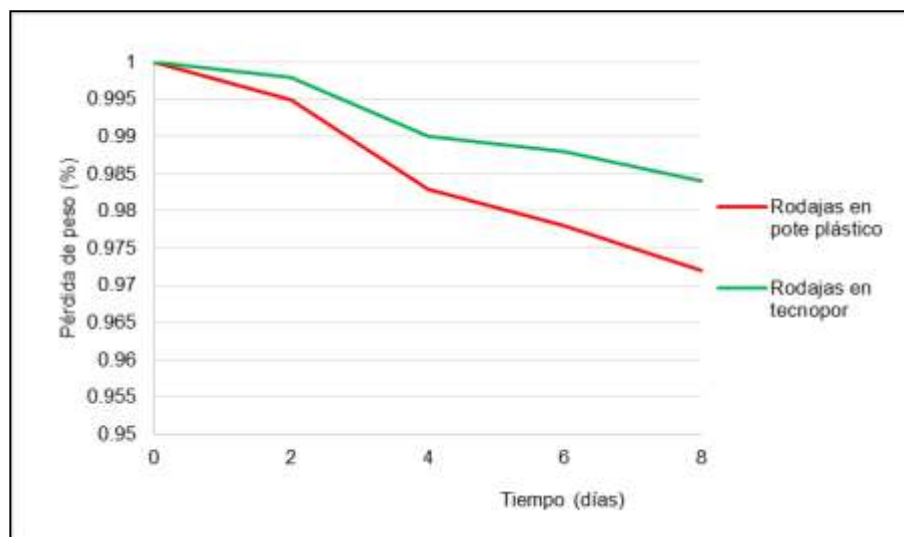


Figura 4.69: Evolución de la pérdida de peso en el yacón mínimamente procesado en diferente tipo de envase a 3°C.

4.4.4 Evaluación sensorial en el yacón mínimamente procesado

Con respecto a la evaluación sensorial, estas se realizaron a través de pruebas de aceptación con escalas hedónicas, con un panel no entrenado, constituido por 20 personas. Esta evaluación se realizó mediante el periodo de almacenamiento en yacones mínimamente procesados, la preferencia por los productos con respecto a su apariencia general fue analizada comparando tres muestras con un patrón. Siendo el tratamiento con mayor aceptabilidad el yacón en bandeja tecnopor en una presentación en rodajas. Es por motivo que a este tratamiento se le determino la vida útil del yacón mínimamente procesado.

4.5. DETERMINACION DE LA VIDA UTIL DEL YACÓN MINIMAMENTE PROCESADO ALMACENADA EN REFRIGERACION

La determinación de la vida útil del yacón mínimamente procesado, se determino mediante el método desarrollado por Graybill y Bowden el cual se realizo mediante pruebas sensoriales y fisicoquímicas (vitamina C), las cuales se iniciaron a partir del primer día de almacenamiento y posteriormente fueron realizadas a intervalos de 2 días. La evaluación sensorial fue realizada por 45 jueces no entrenados con una escala de 1 a 7 (que va de muy desagradable a similar al producto fresco), la evolución de la vitamina C fue determinada mediante el método de Thilman. Para el análisis sensorial, el resultado de los jueces de 5,0 fue fijado como el punto hasta el cual, el producto es considerado apto para su consumo.

4.5.1. Evaluación de la vida útil en función al análisis sensorial

En las figuras 4.70 y 4.71; mediante el método desarrollado por Graybill y Bowden se puede observar que los coeficientes de determinación para el color es 0,9245 y para el olor es 0,959. El tiempo de vida útil teniendo en cuenta los atributos de color y olor fueron de 6 días. De estos resultados se concluyó que estos atributos sensoriales son los que determinan el tiempo de vida útil, es por este motivo que para el aspecto sensorial se tomó este periodo como tiempo de vida útil para el yacón mínimamente procesado.

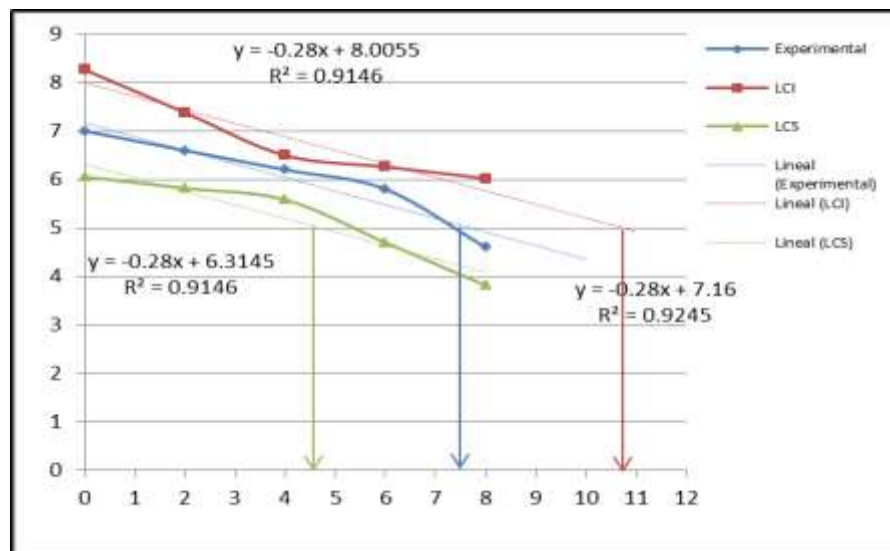


Figura 4.70: Determinación gráfica del tiempo de vida útil del yacón mínimamente procesado en el atributo color.

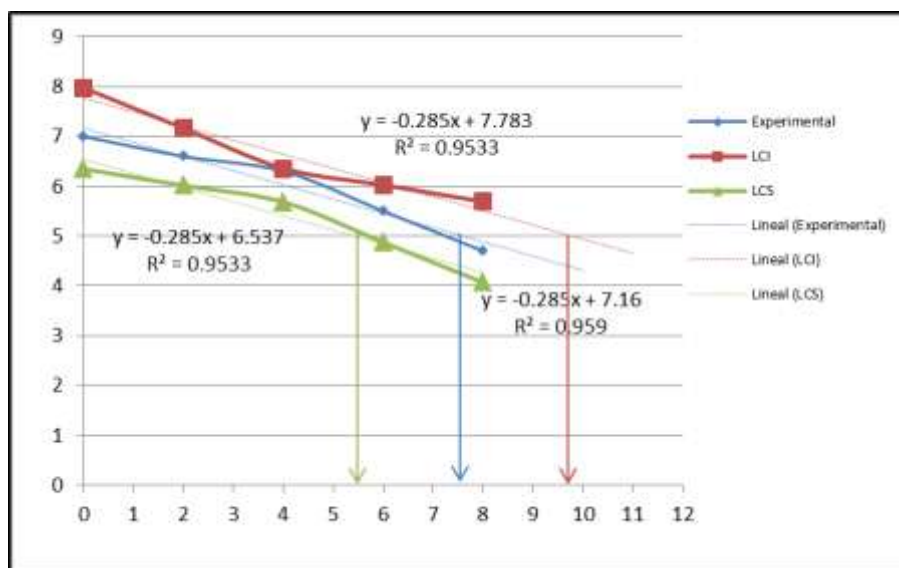


Figura 4.71: Determinación gráfica del tiempo de vida útil del yacón mínimamente procesado en el atributo olor.

4.5.2. Evaluación de la vida útil en función de la Vitamina C

De acuerdo a la figura 4.72, elaborada mediante el método desarrollado por Graybill y Bowden, se observa que el coeficiente de determinación para el análisis de vitamina C es de 0,9812.

El tiempo de vida útil teniendo en cuenta el análisis de Vitamina C es de 6 días. Por lo tanto valores menores a estos serán considerados insuficientes en el aspecto nutricional.

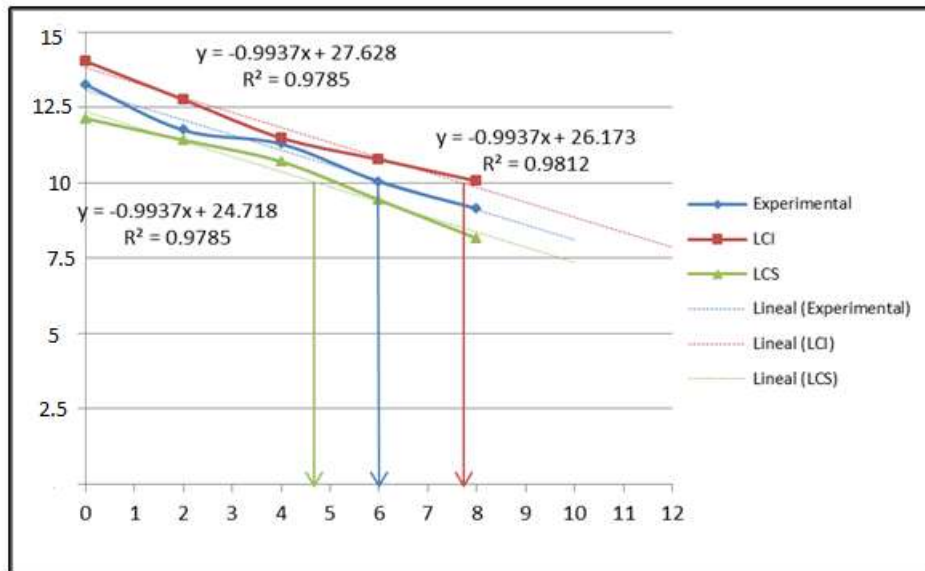


Figura 4.72: Determinación gráfica del tiempo de vida útil del yacón mínimamente procesado de la vitamina C.

En conclusión después de haber determinado la vida útil en base al aspecto sensorial y vitamina C. Se tomó el valor más bajo de periodo de vida útil, pues en este periodo cumple con los requisitos mínimos requeridos para el consumo de yacón mínimamente procesado.

El atributo que fijo este límite fue la evaluación sensorial de color y olor, cuyo periodo de vida útil fue de 6 días almacenadas en refrigeración a 3°C.

V. CONCLUSIONES

5.1 Los valores fisicoquímicos del yacón procedente del VRAEM fueron: pH (6,48), sólidos solubles (9,25 °brix), vitamina C (15,50 mg/100g), acidez titulable (0,22 % ácido cítrico) y textura (3,48 libras de penetración).

5.2 Los parámetros óptimos en la vida útil del yacón mínimamente procesado fueron: temperatura (3°C), tipo de envase (tecnopor), forma de presentación (rodajas) y 6 días, a tiempo mayores la preferencia de los panelistas obtuvo un puntaje promedio de 4,1; que se considera un valor ya no aceptable, por estar por debajo de 5 puntos que corresponde a “ligeramente parecido al producto fresco”; además presentó una degradación significativa de vitamina C (15,33 mg/100 g a los 6 días hasta 10,24 mg/100 g a los 8 días).

5.3 Al realizar el test hedónico de los atributos color y olor en el yacón mínimamente procesado se determinó que el periodo de vida útil fue de 6 días almacenadas en refrigeración a 3°C.

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1 Emplear técnicas de conservación para la elaboración del yacón mínimamente procesado, como adición de aditivos (cloruro de calcio, recubrimiento de películas comestibles, entre otros).

- 6.2 Utilizar otros tipos de empaques como: poliolefina, papel aluminizado y otros con la finalidad de determinar el más adecuado, manteniendo por más tiempo la calidad fisicoquímica y sensorial del producto estudiado.

- 6.3 Utilizar cámaras de refrigeración con control automático de temperatura exclusivamente para este tipo de productos, para poder tener un mejor control de la temperatura.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Achondo, P. 1992. Cámaras frigoríficas para productos frescos, atmósfera controlada. Agroeconómico-Fundación Chile. V.7; pp: 51-58.
- Adel, A.; Kade, M.; 2001. Recomendaciones para Mantener la Calidad Post-cosecha. Department of Pomology, University of California.
- Arango, D. 2009. Efecto de la concentración de quitosano y temperatura de almacenamiento en la vida útil de yacón (*Smallanthus sonchifolia*) mínimamente procesado. Tesis para optar el título de Ingeniería Agroindustrial. UNSCH. Ayacucho.
- Araujo, T.; Coelho, E.; Cordeiro, C.; Almeida, C.; Oliveira, L., 2007. Qualidade de Mamo "Golden" Mínimamente Procesado Armazenado em diferentes temperaturas. Scientia Agraria, Curitiba, v.8, n.3, p.219-224.
- Arispe, M.; 1989. Retención de la Vitamina C en la Elaboración y Almacenaje de Rodajas de Carambola (*Annona carambola* L.) en Almíbar. UNALM.
- Artes, F., Castañeri, M.Y GIL. M.I. 2002. "El pardeamiento enzimático de frutas y hortalizas mínimamente procesadas". Food sci. Technol. Intern. Pág. 377-389.
- Badui S. 2013. Química de los alimentos. Quinta edición. México.
- Bellido, C. 2002. Elaboración de néctar solo y mixto a partir del yacón (*Polymnea sonchifolia*) Tesis para optar el título de Ingeniero Químico UNSCH Ayacucho.

- Burns, J.; 1995. Lightly processed fruits and vegetables: Introduction to the Colloquium. Hort Science, V.30, N.1, pp.14-17
- Cantwell, M & Suslow. 2002. Postharvest handling systems; minimally processed fruits and vegetables. In: Kader,A.A.(Ed.).Postharvest technology of horticultural crops. Oakland, California-University of California, cap.32, Pág. 227-281.
- Catalá, R.; 1998. Conservación de frutas y hortalizas en atmósfera controlada y modificada. Agro económico N° 45: Pág.15-19.
- Cheftel, C.; Cheftel, H.; 1998. Introducción a la bioquímica y Tecnología de los alimentos. España, Acribia; Vol 1; p.333
- Chirinos, R. 1999. Obtención y caracterización de los oligofruktanos a partir de la raíz del yacón (Smallanthus sonchifolia). Tesis de Maestría UNALM. Lima. Perú.
- Chitarra, F.; 1998. Procesamiento Mínimo de Frutos y Hortalizas. Vicoso: Centro de Productos y Técnicas.
- Collazos, C.; White, P.; Vinas, T.; Albistur, R.; Urquirta, R.; 1996. Composición de los Alimentos Peruanos. Séptima edición. Ministerio de salud/ Instituto Nacional de Nutrición.
- CYTED – IV Encuentro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortalizas. 2006. I Simposio Ibero – Americano de Vegetais Frescos Cortados. Sao Paulo.
- Donadon, J.R. 2005. Conservação de frutas cítricas minimamente processadas: tipos de descasque e temperaturas de armazenamento. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual

Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas e Veterinária, Jaboticabal,

- Fennema, O. F. 2000. Química de los Alimentos. Tercera edición Editorial Acribia, S.A. Zaragoza- España.
- Flores, A. 1994. Manejo pos cosecha de frutas y hortalizas en Venezuela. Experiencia y recomendaciones. UNELLEZ. San Carlos. Venezuela.
- Genta S., Cabrera C., Habib N., Pons J., Manrique I. Grau A. & Sánchez S. 2009. Yacon syrup: Beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. *Clinical Nutrition*. 28(2):182-187.
- Gonzales, G.; Ayala, F.; Ruiz, C.; Cruz, R.; Cuanca; F.; 2004. Estado actual del Mercado de frutos y vegetales frescos cortados. Simposium “Estado actual del Mercado de frutos y vegetales cortados en Iberoamerica”, San José-Costa Rica.
- Kader, A.; Zagory, D.; Kerbel, E. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 28, 1-30.
- Klein B. P., Becker D., Venuggopal P. B. (1985). “Methods of vitamin assay”, Wiley Interscience, USA, p. 497-502.
- Lamikanra, O.; Chen, J.C.; Banks, D.; 2000. Biochemical and microbial changes during the storage of minimally processes cantaloupe. *Journal of agricultural and food chemistry*, V. 48, p. 5955-5961.
- Lucangeli, C.; Murray, R.; 1998. El etileno, un gas para tener en cuenta.
- Luengo, R.; Lana, M.; 1997. Procesamiento mínimo de hortalizas, Brasilia: Embrapa, 4p. (Embrapa, Comunicado Técnico, 2) Market and

Trade Economic Division, Economic Research service, U.S. Department of Agriculture, Agricultural USDA, pp. I-60.

- Moreiras, O.; Carvajal A.; Cabrera L.; Cuadrado M.; 2001. Tablas de Composición de Alimentos. Ediciones Pirámide-Madrid.
- Moretti, C.; 2000. Procesamiento mínimo de pimentón. I Encuentro Nacional sobre Procesamiento Mínimo de Frutas y Hortalizas, Vicosá, Resúmenes. Vicosá: UFC, pp.132-139.
- Ordóñez-Santos LE, Vázquez-Riascos AM. 2010. Effect of processing and storage time on the vitamin C and lycopene contents of néctar of pink guava (*Psidiumguajava* L.). Arch Latinoam Nutr.; 60 (3); 280-284.
- Richardson, T., Hyslop, D. B., 1993. Enzimas En: Química de los alimentos. Owen Fenema Director. 2da Edición. 415- 536. Ed. Acribia.
- Romojaro, F., Riquelme, F.; 1996. Nuevas Tecnologías de Conservación de Frutas y Hortalizas. Ediciones Mundi-Prensa. España.
- Rosen, J.; Kader, A. A.1989. Postharvest physiology and quality maintenance os sliced pear and strawberry fruits Journal of Food Science, V. 54, n.3, p. 656-659.
- Segura, M.; Díaz, J.; 2001. Procesos de Elaboración de Productos de IV Gama. 4º premio Directorio Poscosecha.
- Seminario J., Valderrama M. & Manrique I. 2003. El yacón: Fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Lima (Perú). Centro Internacional de la Papa (CIP); Universidad Nacional de Cajamarca; Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). 57 p.

- Tapia de Daza MS; Alzamora SM y Welti Chanes J. 1996. Combination of Preservation Factors Applied to Minimal Processing of Foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 36 (6):629-659.
- Vial, C., Guilbert, S., Cuq, J.L. 1991. Osmotic dehydration of kiwi fruits: Influence of process variables on the color and ascorbic acid content. *Sciences des Aliments*, 11(1): 63-84.
- Wiley, C.; 1994. Minimally processed refrigerated fruit and vegetables. New York: Chapman - Hall, Pág. 368.
- Yahia, EM, Contreras-Padilla M, González-Aguilar G. 2001. Ascorbic acid content in relation to ascorbic acid oxidase activity and polyamine content in tomato and bell pepper fruits during development, maturation and senescence. *Food Sci Technol-LEB*; 34 (7): 452-457.
- Yahia, M.; Higuera, I.; 1992. Frutas / Hortalizas / Fisiología Postcosecha / Tecnología. México-Limusa.

PAGINAS WEB

- <http://www.Consumer.es> (12/10/2016)
- <http://www.infoagro.com> (09/08/2016)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/yacon> (11/07/2016)
- <http://rincondelvago.com/frutas-y-hortalizas.html> (12/09/2016)
- <http://www.poscosecha.com/4gama/4p.html> (10/07/2016)
- http://www.inta.gov.ar/sanpedro/09_sala_de_lectura/difusion/alimentos/060.htm (15/09/2016)

ANEXOS

ANEXO 01

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

Método de la Estufa

- Colocar la cápsula destapada y la tapa durante al menos 1 hora en la estufa a la temperatura de secado del producto.
- Empleando pinzas, trasladar la cápsula tapada al desecador y dejar enfriar durante 30 a 45 min. Pesar la cápsula con tapa con una aproximación de 0.1 mg. Registrar (m1).
- Pesar 5 g de muestra previamente homogeneizada. Registrar (m2).
- Colocar la muestra con cápsula destapada y la tapa en la estufa a la temperatura y tiempo recomendado 105 °C x 5 horas. 7.6.- Tapar la cápsula con la muestra, sacarla de la estufa, enfriar en desecador durante 30 a 45 min.
- Repetir el procedimiento de secado por una hora adicional, hasta que las variaciones entre dos pesadas sucesivas no excedan de 5 mg (m3).

Cálculo y expresión de resultados

La humedad del producto expresada en porcentaje, es igual a:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$$

Donde:

m1: masa de la cápsula vacía y de su tapa, en gramos

m2: masa de la cápsula tapada con la muestra antes del secado, en gramos

m3: masa de la cápsula con tapa más la muestra desecada, en gramos

ANEXO 02

DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ

La acidez titulable se determinó por triplicado por el método del AOAC 1996.

- La acidez se realizó con la muestra diluido 1:1 de jugo del yacón y agua destilada. La determinación se hizo por titulación con una solución valorada de Hidróxido de Sodio 0.1 N.
- Se transfirieron 10 mL de la muestra a un matraz Erlenmeyer y se adicionó 4 gotas de solución de fenolftaleína.
- Posteriormente se tituló la muestra hasta que se mantuvo el vire del color rosa por 1 minuto.
- La acidez titulable es expresada como porcentaje de ácido cítrico y es calculado mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ acidez} = \frac{V_{\text{NaOH}} * N_{\text{NaOH}} * \text{meq ácido X} * 100}{V}$$

DONDE:

V_{NaOH} = Volumen gastado de NaOH.

N = Normalidad del NaOH

Meq = Peso miliequivalente del ácido predominante en la muestra

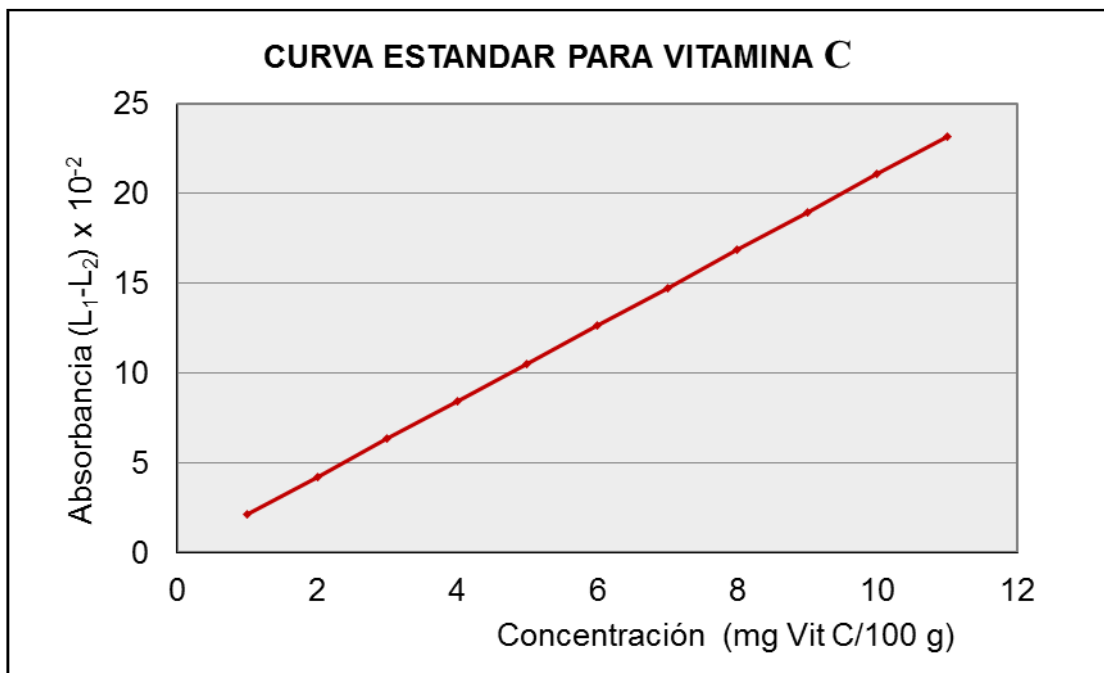
V = volumen de muestra.

ANEXO 03

DETERMINACION DE LA CURVA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR VITAMINA C POR ESPECTROFOTOMETRÍA

➤ Datos para obtener la curva estándar

E. T. (mg /100 g)	Absorbancia (L1-L2) x 10 ⁻²
1	4.4
2	6.1
3	9.5
4	11.1
5	12
6	13.5
7	16.1
8	19
9	21.9
10	4.4



ANEXO 05

Tabla A3.1: Valores puntuales de Vitamina C

		DIAS	0	2	4	6	8
RODAJAS	TECNOPOR	VIT. C (3°C)	15,33	13,52	12,57	11,26	8,63
		VIT. C (5°C)	15,33	12,07	10,41	9,67	7,064
		VIT. C (7°C)	15,33	11,68	9,59	8,27	6,76
	POTE DE PLÁSTICO	VIT. C (3°C)	15,33	13,55	12,58	11,08	8,28
		VIT. C (5°C)	15,33	12,67	11,83	9,14	7,47
		VIT. C (7°C)	15,33	11,37	9,45	8,95	6,56
CUBITOS	TECNOPOR	VIT. C (3°C)	15,33	12,24	10,51	9,03	8,19
		VIT. C (5°C)	15,33	11,23	9,07	8,78	7,21
		VIT. C (7°C)	15,33	11,52	9,73	7,43	6,28
	POTE DE PLÁSTICO	VIT. C (3°C)	15,33	13,36	11,46	10,54	9,02
		VIT. C (5°C)	15,33	12,38	10,77	8,14	7,22
		VIT. C (7°C)	15,33	10,07	8,11	7,72	6,03
RODAJAS	SE	VIT. C (3°C)	15,33	11,57	10,03	9,87	8,04
		VIT. C (5°C)	15,33	10,36	9,27	8,47	7,23
		VIT. C (7°C)	15,33	9,24	7,18	6,68	5,99
CUBITOS	SE	VIT. C (3°C)	15,33	11,97	10,05	9,52	8,04
		VIT. C (5°C)	15,33	10,14	8,69	7,04	6,86
		VIT. C (7°C)	15,33	9,03	7,28	6,37	5,24

Tabla A3.2: Valores puntuales de Acidez Titulable

		Día	0	2	4	6	8
RODAJAS	TECNOPOR	AC(3°C)	0,3072	0.3264	0.352	0.3712	0.4032
		AC(5°C)	0,3072	0.3456	0.3712	0.3904	0.4096
		AC(7°C)	0,3072	0.3456	0.3776	0.4032	0.416
	POTE DE PLÁSTICO	AC(3°C)	0,3072	0.32	0.3392	0.352	0.3776
		AC(5°C)	0,3072	0.3392	0.352	0.3584	0.3776
		AC(7°C)	0,3072	0.3456	0.3648	0.3776	0.4096
CUBITOS	TECNOPOR	AC(3°C)	0,3072	0.3328	0.3456	0.3648	0.3904
		AC(5°C)	0,3072	0.3456	0.3776	0.3968	0.416
		AC(7°C)	0.3072	0.3456	0.384	0.4032	0.4224
	POTE DE PLÁSTICO	AC(3°C)	0,3072	0.3264	0.3456	0.3648	0.3968
		AC(5°C)	0,3072	0.3456	0.3648	0.3776	0.4032
		AC(7°C)	0,3072	0.352	0.3712	0.384	0.4096
RODAJAS	SE	AC(3°C)	0,3072	0.3264	0.3456	0.3584	0.3776
		AC(5°C)	0,3072	0.3456	0.3584	0.3776	0.4032

		AC(7°C)	0.3072	0.3456	0.3776	0.3968	0.416
CUBITOS	SE	AC(3°C)	0.3072	0.3328	0.352	0.3712	0.3968
		AC(5°C)	0.3072	0.3456	0.3648	0.3904	0.4096
		AC(7°C)	0.3072	0.3456	0.3712	0.3968	0.416

Tabla A3.3: Valores puntuales de Análisis Sensorial (Color)

		Día	0	2	4	6	8
RODAJAS	TECNOPOR	COLOR(3°C)	7.0	6.4	6.0	5.7	4.6
		COLOR(5°C)	7.0	6.5	5.8	5.4	4.7
		COLOR(7°C)	7.0	6.4	5.6	5.0	4.0
	POTE DE PLÁSTICO	COLOR(3°C)	7.0	6.6	6.2	5.8	4.6
		COLOR(5°C)	7.0	6.4	5.8	5.7	5.1
		COLOR(7°C)	7.0	6.5	5.7	5.0	4.4
CUBITOS	TECNOPOR	COLOR(3°C)	7.0	6.4	5.6	5.1	4.6
		COLOR(5°C)	7.0	6.5	5.9	4.9	4.3
		COLOR(7°C)	7.0	6.2	5.4	4.5	3.9
	POTE DE PLÁSTICO	COLOR(3°C)	7.0	6.8	6.2	5.6	4.5
		COLOR(5°C)	7.0	6.5	5.9	5.3	4.6
		COLOR(7°C)	7.0	6.3	5.5	4.9	4.1
RODAJAS	SE	COLOR(3°C)	7.0	6.0	4.7	3.5	3.1
		COLOR(5°C)	7.0	6.1	4.6	3.2	2.9
		COLOR(7°C)	7.0	5.9	4.3	2.9	2.5
CUBITOS	SE	COLOR(3°C)	7.0	6.1	4.5	3.4	3.1
		COLOR(5°C)	7.0	6.2	4.3	3.5	2.6
		COLOR(7°C)	7.0	5.8	4.1	3.1	2.3

Tabla A3.4: Valores puntuales de Análisis Sensorial (Olor)

		Día	0	2	4	6	8
RODAJAS	TECNOPOR	OLOR(3°C)	7.0	6.2	5.6	5.1	4.3
		OLOR(5°C)	7.0	6.7	5.6	5.2	4.6
		OLOR(7°C)	7.0	6.6	5.6	5.1	4.2
	POTE DE PLÁSTICO	OLOR(3°C)	7.0	6.6	6.3	5.5	4.7
		OLOR(5°C)	7.0	6.6	6.1	5.6	5.0
		OLOR(7°C)	7.0	6.7	5.6	4.9	4.2
CUBITOS	TECNOPOR	OLOR(3°C)	7.0	6.5	5.6	5.0	4.3
		OLOR(5°C)	7.0	6.8	5.6	5.1	4.6
		OLOR(7°C)	7.0	6.3	5.0	4.0	3.2
	POTE DE	OLOR(3°C)	7.0	6.6	6.2	5.3	4.2

	PLÁSTICO	OLOR(5°C)	7.0	6.7	5.6	5.0	4.3
		OLOR(7°C)	7.0	6.4	5.6	4.2	3.3
RODAJAS	SE	OLOR(3°C)	7.0	6.3	5.2	4.1	3.4
		OLOR(5°C)	7.0	6.1	4.9	3.6	3.0
		OLOR(7°C)	7.0	6.0	4.4	3.2	2.6
CUBITOS	SE	OLOR(3°C)	7.0	6.1	4.9	3.4	3.1
		OLOR(5°C)	7.0	5.8	4.6	3.1	2.7
		OLOR(7°C)	7.0	5.2	4.1	2.9	2.3

Tabla A3.5: Valores puntuales de Análisis Sensorial (Sabor)

		Día	0	2	4	6	8
RODAJAS	TECNOPOR	SABOR(3°C)	7.0	6.4	5.8	5.2	4.6
		SABOR(5°C)	7.0	6.2	5.2	4.6	3.9
		SABOR(7°C)	7.0	6.0	5.1	4.4	3.5
	POTE DE PLÁSTICO	SABOR(3°C)	7.0	6.7	6.1	5.4	4.8
		SABOR(5°C)	7.0	6.4	5.4	4.9	4.2
		SABOR(7°C)	7.0	6.3	5.3	4.6	3.6
CUBITOS	TECNOPOR	SABOR(3°C)	6.8	6.3	4.8	4.3	3.9
		SABOR(5°C)	7.0	5.6	5.1	4.2	3.6
		SABOR(7°C)	7.0	5.6	4.2	3.4	3.1
	POTE DE PLÁSTICO	SABOR(3°C)	6.9	6.3	5.6	4.9	4.1
		SABOR(5°C)	7.0	5.7	5.1	4.3	3.5
		SABOR(7°C)	7.0	5.9	5.1	4.1	3.4
RODAJAS	SE	SABOR(3°C)	7.0	5.8	4.7	3.9	2.7
		SABOR(5°C)	7.0	5.4	4.3	3.6	2.4
		SABOR(7°C)	7.0	5.1	4.0	3.2	2.3
CUBITOS	SE	SABOR(3°C)	7.0	5.6	4.5	3.4	2.5
		SABOR(5°C)	7.0	5.2	4.3	3.1	2.3
		SABOR(7°C)	7.0	5.0	4.1	3.0	2.0

ANEXO 06

Valores de pérdida de peso del yacón mínimamente procesado durante el almacenamiento.

PERDIDA DE PESO (Peso final/Peso inicial)							
		Día	0	2	4	6	8
RODAJAS	TECNOPOR	3°C	1,000	0,999	0,995	0,988	0,983
		5°C	1,000	0,996	0,992	0,985	0,982
		7°C	1,000	0,993	0,989	0,980	0,971
	POTE DE PLÁSTICO	3°C	1,000	0,997	0,987	0,981	0,974
		5°C	1,000	0,994	0,988	0,980	0,974
		7°C	1,000	0,985	0,974	0,968	0,962
CUBITOS	TECNOPOR	3°C	1,000	0,990	0,984	0,976	0,966
		5°C	1,000	0,986	0,981	0,975	0,964
		7°C	1,000	0,988	0,980	0,974	0,961
	POTE DE PLÁSTICO	3°C	1,000	0,988	0,975	0,968	0,963
		5°C	1,000	0,986	0,973	0,965	0,957
		7°C	1,000	0,982	0,971	0,952	0,943
RODAJAS	SE	3°C	1,000	0,984	0,976	0,960	0,946
		5°C	1,000	0,981	0,974	0,953	0,936
		7°C	1,000	0,982	0,960	0,935	0,925
CUBITOS	SE	3°C	1,000	0,981	0,969	0,953	0,937
		5°C	1,000	0,980	0,969	0,950	0,932
		7°C	1,000	0,980	0,951	0,932	0,924