

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



**“ESTUDIO DE VIDA ÚTIL EN ALIMENTOS:
PIPAS DE CALABAZA Y QUINOA”**

TRABAJO FIN DE GRADO

Marzo-2017

Autor: José Ramón Pastor Candela

Tutor/es: Francisco Miguel Burló Carbonell

Marina Cano Lamadrid

TÍTULO

ESTUDIO DE VIDA ÚTIL EN ALIMENTOS: PIPAS DE CALABAZA Y QUINOA

RESUMEN

Estudio de la vida útil mediante el método "Test de vida útil acelerada" utilizando los parámetros óptimos (actividad de agua, contenido de hexanal, textura, color) para su determinación. Mediante el seguimiento de un panel de catadores entrenados que realiza análisis sensorial del producto durante el tiempo de almacenamiento podemos saber cuándo el consumidor final no compraría el producto, éste sería el momento en el que marcamos el punto de corte, en este caso la cantidad de hexanal, ya que en el análisis sensorial de los dos productos, el olor a rancio es el primer parámetro en hacer que el consumidor rechace el producto y sabemos que ese olor está relacionado con el contenido de hexanal.

PALABRAS CLAVE: Vida útil, pipas de calabaza, quinoa, cinética de deterioro, contenido de hexanal.

ABSTRACT

Study of the shelf life by the method "Accelerated shelf life test" using the optimum parameters (water activity, hexanal content, texture, color) for its determination. Though tracking a panel of trained tasters who perform sensorial analysis of the product during the storage time we can know when the end consumer would not buy the product, this would be the moment in which we marked the cut-off point, in this case the hexanal content, since in the sensorial analysis of the product, the stale smell is the first parameter in causing the consumer to reject the product and we know that the odor is related to the hexanal content.

KEYWORDS: Shelf life, pumpkin seeds, quinoa, kinetics of deterioration, hexanal content.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 Vida útil	6
1.1.1. Fecha de caducidad frente a consumo preferente	6
1.1.2. Métodos para estimar la vida útil de los productos	7
1.2. Parámetros importantes durante la vida útil de los alimentos	9
1.2.1. Parámetros físico-químicos	10
1.2.2. Parámetros químicos	14
1.2.3. Parámetros sensoriales.	22
1.2.4. Parámetros microbiológicos	22
1.3. Test de vida útil en alimentos	24
1.3.1. Casos prácticos	24
1.3.1.1. Productos de panadería	24
1.3.1.2. Productos lácteos	24
1.3.1.3. Productos grasos	26
1.3.1.4. Productos animales	27
1.3.1.5. Productos de la pesca	28
1.3.1.6. Productos vegetales	30
1.3.1.6. Frutos secos	30
1.4. Quinoa	32
1.5. Pipas de calabaza	34
1.6. Recopilación de vida útil de diferentes alimentos	35
2 OBJETIVOS	40
3 MATERIAL Y MÉTODOS	41
3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL	41
3.2 MATERIAL	41
3.2.1 Equipos	41
3.2.2 Material	44
3.2.3 Reactivos	45
3.3 MUESTRAS	45
3.3.1 Muestras de alimentos	45
3.4 MÉTODO INDIRECTO	46

3.4.1	Estimación de la vida útil mediante degradación cinética	46
3.4.2	Preparación de las muestras.....	48
3.4.3	Análisis realizados.....	49
3.4.3.1.	Actividad de agua.....	48
3.4.3.2.	Color.....	50
3.4.3.3.	Textura.....	50
3.4.3.4.	Contenido de hexanal.....	51
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
4.1	PIPAS DE CALABAZA	54
4.1.1	Propiedades físico-químicas	54
4.1.2	Propiedades texturales.....	57
4.1.3	Contenido en hexanal.....	59
4.1.4	Análisis sensorial.....	62
4.1.5	Test de vida útil pipas de calabaza.....	66
4.1.6	Calculo de la vida útil.....	69
4.2	QUINOA.....	72
4.2.1	Propiedades físico-químicas	72
4.2.2	Contenido en hexanal.....	75
4.2.3	Análisis sensorial.....	78
4.2.4	Test de vida útil Quinoa.....	80
4.2.5	Calculo de la vida útil.....	83
5	CONCLUSIONES.....	86
6	BIBLIOGRAFÍA	87

Nº Tablas: 41

Nº Figuras: 38

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Vida útil

Un alimento es un sistema fisicoquímico y biológico activo, por lo que la calidad del mismo es un estado dinámico que se mueve hacia niveles más bajos respecto al tiempo. Existe un tiempo determinado (período de vida útil), después de haber sido producido, en que el producto mantiene un nivel requerido de sus propiedades sensoriales y de seguridad, bajo ciertas condiciones de almacenamiento (Casp, 1999; Kuntz, 1991).

Por ello, en la industria de alimentos es importante determinar la vida útil de los productos para suplirlos y mantenerlos en el mercado sin ningún problema de seguridad o de rechazo por los consumidores. La vida útil de un producto depende tanto de factores ambientales, de la humedad, de la temperatura de exposición, del proceso térmico al que se somete y de la calidad de las materias primas, entre otros. El efecto de estos factores se manifiesta como el cambio en las cualidades del alimento que evitan su venta: cambios de sabor, color, textura o pérdida de nutrientes (Potter, 1978). Kuntz, se refiere a que el final de la vida útil de un producto se alcanza cuando ya no mantiene las cualidades requeridas para que el consumidor final lo utilice (Kuntz, 1991).

1.1.1. Fecha de caducidad frente a consumo preferente

Antes de lanzar un alimento a la venta es necesario realizar los estudios de su vida útil, cuyo objetivo es fijar la “fecha de consumo preferente” y/o la “fecha de caducidad”. La *fecha de consumo preferente* nos indica el periodo de tiempo durante el cual el alimento mantiene una calidad adecuada en las condiciones de conservación que se indica en el etiquetado del alimento, esto se indica en la etiqueta como “consumir preferentemente antes de:”, sin embargo, en los alimentos cuyo consumo transcurrido cierto tiempo puede suponer un riesgo en la salud del consumidor, en lugar de fecha de consumo preferente, utilizamos “*fecha de caducidad*”.

1.1.2. Métodos para estimar la vida útil de los productos

La metodología para determinar la vida útil puede ser tanto por los métodos directos como indirectos, dentro de este último grupo tenemos el test de vida útil acelerado y el modelo predictivo/microbiológico.

Método directo

Es uno de los más utilizados, implica almacenar el producto bajo condiciones preseleccionadas. Por un periodo de tiempo más largo que la vida útil prevista. Se monitorea periódicamente en intervalos regulares de tiempo, observando el producto hasta el momento de su deterioro.

El primer paso a seguir para realizar el método directo es:

- Identificar la posible causa principal de deterioro para el alimento.
- Conocer la composición de las materias primas, a_w , pH, disponibilidad de O_2 y aditivos químicos.
- Conocer los posibles daños relacionados con el proceso, empaquetado y almacenamiento.

El siguiente paso es crear un plan para establecer la vida útil, donde se detalla el tiempo en que se realiza el estudio, ensayos, fechas de muestreo, número de muestras y cuáles son las condiciones críticas de humedad y temperatura para el producto. El almacenamiento de las muestras se realiza en las mismas condiciones que si fuera una situación real, es decir se sigue el proceso desde la fabricación hasta el consumidor.

Este método tiene la ventaja de que nos da exactamente el tiempo de vida útil, ya que el alimento se mantiene en las condiciones óptimas para comercializarlo y se va monitoreando hasta que se detecta el fin de su vida útil. El inconveniente de este método es que, en alimentos con una vida útil larga, debemos esperar todo ese tiempo retrasando la salida de un nuevo producto, por ejemplo, por lo que para los alimentos con una vida útil larga es mejor el método indirecto, que se explicará a continuación.

Método indirecto

Los métodos incluidos en este grupo, intentan predecir la vida útil de un producto sin realizar ensayos completos de almacenamiento hasta deterioro en tiempo real. Es ventajoso para alimentos con largos periodos de vida útil entre los cuales se incluyen los productos secos y de humedad intermedia.

Los test más usados son: modelos de predicción microbiológica y test acelerados.

- Modelos de predicción microbiológica: Están soportados por ecuaciones matemáticas que usan información de bases de datos que permiten predecir el crecimiento de bacterias bajo condiciones definidas. Ejemplos: Pathogen modelling Program.
- Test acelerados: Se basan en estudios de cinética de deterioro y en energías de activación de las reacciones que definen los parámetros de estimación Q_{10} y Q_A .

A continuación, se explicará detalladamente este último método:

La técnica está basada en un método acelerado por incremento de temperatura. Se fundamenta en la sucesión de reacciones químicas de los alimentos, muchas reacciones químicas son motivos de deterioro, por ejemplo, el enranciamiento. Si se incrementa la temperatura de almacenamiento de alimentos, las velocidades de reacciones se aceleran hasta llegar a su límite crítico. Normalmente en este método se coloca la muestra a temperatura constante por un tiempo dado. Lo más común es poner distintas muestras a distintas temperaturas, las muestras que están a mayor temperatura se suelen deteriorar más pronto. Cuando una muestra llega al punto en el que se empieza a deteriorar, llamamos a ese tiempo límite crítico. Para saber cuándo el alimento ha llegado a su límite crítico lo analizamos mediante análisis, tanto instrumental (parámetros físicos, químicos y microbiológicos) como sensorial.

Este método tiene la ventaja de que reduce el tiempo necesario para determinar la vida útil del producto bajo estudio, siendo muy ventajoso para la industria agroalimentaria.

1.2. Parámetros importantes durante la vida útil de los alimentos

Para determinar la vida útil de un alimento es necesario medir una serie de parámetros desde el inicio de la vida útil del alimento o desde el momento en el que se considera que empieza su deterioro, hasta que está deteriorado de tal forma que no es apto para el consumo o aceptado por los consumidores. Los parámetros físico-químicos, químicos y microbiológicos, están relacionados con los parámetros sensoriales. Los parámetros sensoriales son los que nos dicen en qué punto se acaba la vida útil del alimento, gracias a ello podemos plasmar ese punto con parámetros físico-químicos, siempre y cuando en el alimento no se haya producido alguna reacción química que dé como resultado una sustancia tóxica o que el alimento contenga cierto número de bacterias que pueden generar alguna sustancia tóxica, en estos casos éstos parámetros marcan la vida útil (**Figura 1**).

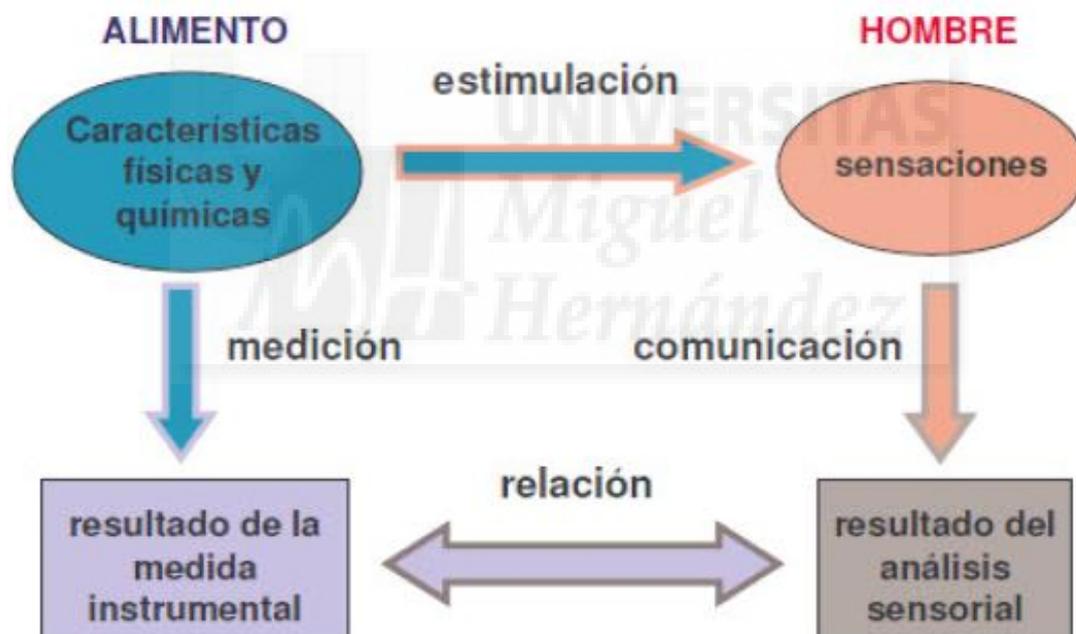


Figura 1. Relación entre el alimento y el hombre (medidas instrumentales y análisis sensorial) (Lewis. MJ., 1993).

1.2.1. Parámetros físico-químicos

- Humedad

El agua representa el constituyente más abundante en la mayor parte de los alimentos en estado natural a excepción de los granos. Su contenido y distribución afecta a las propiedades macroscópicas (calidad): textura, color, apariencia. Su movilidad y reactividad con el resto de sustratos alimentarios influye en la estabilidad del alimento. El agua es un componente que se intercambia o cambia de fase en muchos procesos industriales tales como la deshidratación, concentración, congelación, liofilización. También se intercambia fácilmente con el ambiente durante el almacenamiento, es por ello que se aplica barreras (envases) para prevenir cambios significativos en la calidad (Ball, 2004).

- Acción del vapor de agua

El vapor de agua puede dar lugar tanto a la ganancia de humedad como a la pérdida de agua por evaporación. En el primero de ellos las consecuencias puede dar lugar a la pérdida de crocante, crecimiento de microorganismos y aglomeración. Por otro lado, la pérdida de humedad da lugar al endurecimiento, pérdida de peso, oscurecimiento y quemado por frío (Ball, 2004).

- Acción de la luz

La luz provoca cambios en el producto debido a la aceleración de la oxidación de aceites y grasas, foto-degradación de pigmentos sensible decolorando/modificando el color del producto y alteración de vitaminas sensibles disminuyendo la funcionalidad del alimento.

- Actividad de agua

La actividad de agua (a_w) se mide en valores de 0 a 1, el agua tiene una a_w de 1 y la mayoría de los alimentos está dentro de un rango entre 0,2 y 0,99 (Tabla 1). Cuanto más bajo sea el valor de a_w , significará que tiene menor cantidad de agua disponible para el desarrollo microbiano y por tanto será considerado como menos perecedero.

Tabla 1. Valores de a_w de diferentes productos (Vidal-Brotons et al 1986)

A_w (T^a ambiente)	Alimento
1-0.95	Fruta fresca, carne, leche
0.95-0.9	Queso
0.9-0.85	Margarina
0.85-0.8	Carnes saladas
0.8-0.75	Mermelada
0.75-0.65	Nueces
0.65-0.60	Miel
0.5	Pasta
0.3	Galletas
0.2	Vegetales secos

Existe una relación en la actividad de agua y el deterioro de los alimentos (**Figura 2**).

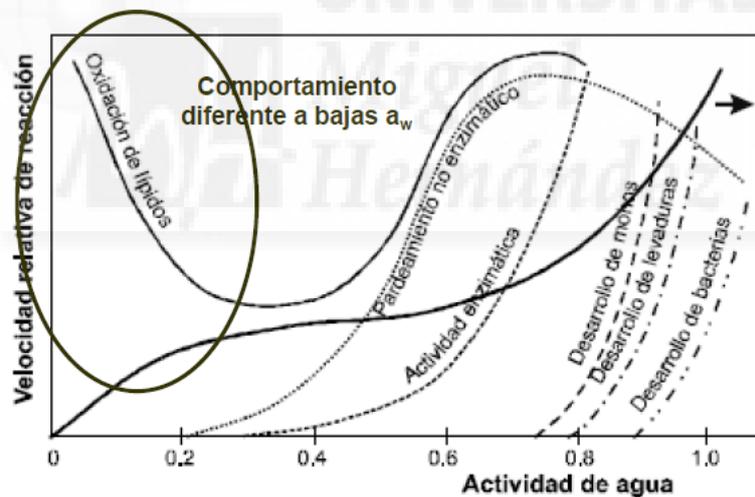


Figura 2. Relación entre la actividad de agua y la velocidad relativa de reacción. (Ross Y H., 2003.)

Existe una hipótesis explicando el comportamiento de la oxidación de lípidos a bajos valores de a_w (Vidal-Brotons *et al* 1986), dando lugar al enranciamiento de las grasas. Se trata de una alteración que se comporta de modo diferente según sean los valores de la disponibilidad para las moléculas de agua.

- Cuando los valores son bajos (0,3-0,4), el agua presente en las interfaces lipídicas queda fijada a los peróxidos formando enlaces de hidrógeno, retrasando la degradación de estos compuestos.
- La acción del agua sobre los radicales libres comienza cuando rondan los valores mayores de 0,5, facilitando la reacción entre ellos.
- Por otro lado, a valores cercanos 0,5; las moléculas de agua pueden ejercer una acción frente a los metales catalizadores de la oxidación mediante una hidratación del metal (Reduciendo su actividad catalítica) y/o una formación de un hidróxido soluble (Desapareciendo de la reacción).

Por tanto, unos valores bajos de a_w puede manifestar una reducción del enranciamiento, pero a valores superiores, la reacción comienza a su aceleración y alterando el producto rápidamente.

- Textura

La textura se define como las “Características físicas que son consecuencia de los elementos estructurales del mismo, son sensibles al tacto, oído y vista, están relacionadas con la deformación, desintegración y flujo del alimento bajo la acción de una fuerza y pueden ser medidas objetivamente en función de la masa, tiempo y distancia de formada” (Bourne,1982). La textura abarca, además de los aspectos o parámetros reológicos, otros aspectos más relacionados con sensaciones percibidas durante la ingesta del alimento (Lewis M.J., 1993):

- Ruptura del mismo durante la masticación.
- Tamaño y forma de las partículas y comportamiento de su superficie durante la masticación (rugosidad, granulosidad, etc).
- Capacidad del alimento de humedecerse con la saliva o de liberar agua o lípidos.
- Cambios de fase resultantes de los cambios de temperatura ocurridos en la boca (fusión del helado o chocolate, solidificación del aceite de una sopa caliente...).

Podemos utilizar distintos tipos de test para medir la textura de los alimentos:

- Test fundamentales: Estudian la resistencia de los materiales, mediante la determinación de propiedades reológicas fundamentales.
 - Test empíricos: Estudian la correlación de las propiedades reológicas con la estructura de los alimentos.
 - Test imitativos: Simulan las condiciones del alimento en la práctica, durante su masticación.
- Color

Para establecer los valores o coordenadas de color en un alimento se deben tener en cuenta tanto la luz como el tipo de objeto. El alimento puede absorber, transmitir, reflejar y dispersar (Figura 3). Por otra parte, los alimentos pueden ser opacos, translúcidos, transparentes. (Fernandez-López J.,2000).

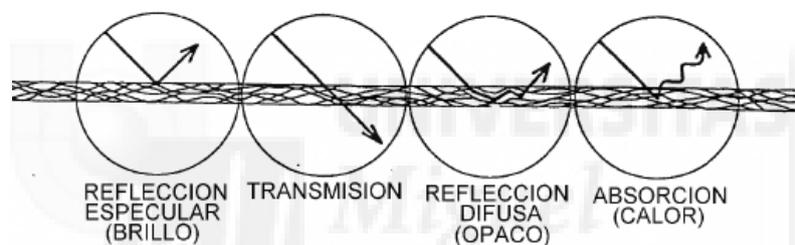


Figura 3. Comportamiento de la luz sobre el papel (simulando un alimento).

El sistema más utilizado para establecer el color es el sistema de coordenadas CIELab ya que el espacio CIELAB está adaptado también como norma UNE, y en él se definen unas magnitudes colorimétricas que se derivan matemáticamente de los valores triestímulo y pueden considerarse una respuesta de los observadores patrones a un estímulo luminoso. Tratando de imitar a los observadores reales, estas respuestas se hacen depender del tipo de estímulo y del blanco de referencia. Se define una serie de coordenadas: a^* , b^* y L, C y H (Figura 4).

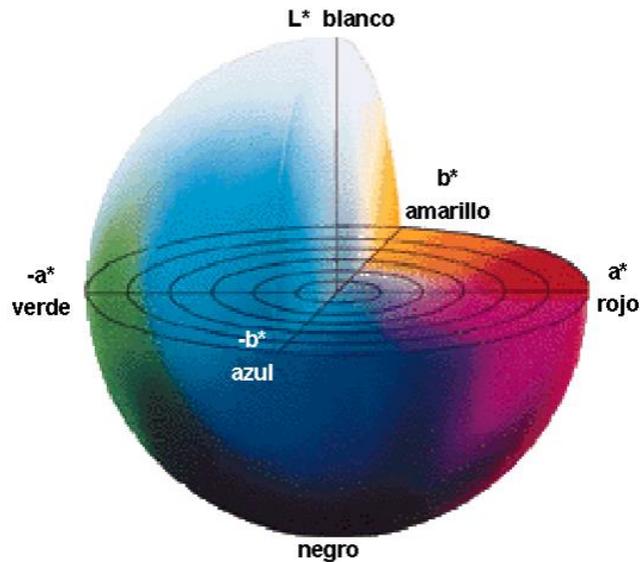


Figura 4. Espacio de color CIE Lab

1.2.2. Parámetros químicos

Entre los cambios químicos que pueden afectar a la vida útil de un alimento tenemos los siguientes:

- Oxidación de grasas:
- Deterioro de los lípidos

Las grasas y aceites pueden sufrir transformaciones que además de reducir el valor nutritivo del alimento producen compuestos volátiles que imparten olores y sabores desagradables; esto se debe a que el enlace éster de los acilgliceroles es susceptible a la hidrólisis química y enzimática, y a que los ácidos grasos insaturados son sensibles a reacciones de oxidación. El grado de deterioro depende del tipo de grasa o de aceite; en términos generales, los que más fácilmente se afectan son los ácidos grasos poliinsaturados, a mayor número de insaturaciones más susceptible de ser oxidado.

El termino rancidez se usa para describir los diferentes mecanismos a través de los cuales se alteran los lípidos y se ha dividido en dos grupos: lipólisis o rancidez hidrolítica y autooxidación o rancidez oxidativa.

A continuación, se discuten los principales aspectos de los mecanismos de alteración de las grasas y de los aceites.

- Lipólisis

Mediante esta reacción, catalizadas por las enzimas lipolíticas llamadas lipasas y en ciertas condiciones, por efecto de las altas temperaturas se liberan ácidos grasos de los triacilgliceridos y de los fosfolípidos. En semillas crudas de las oleaginosas se presenta una fuerte actividad de estas enzimas, cuya función biológica es aprovechar los lípidos que sirven para suministrar nutrientes y así fortalecer la germinación. La acción de estas enzimas es hidrolizar el enlace éster de los acilglicéridos y producir ácidos grasos libres incrementando el índice de acidez. A diferencia de otras reacciones enzimáticas, la lipólisis se puede efectuar en condiciones de actividad acuosa muy baja, como la que prevalece en la harina de trigo; esto se debe a que, si los triacilglicerolos están en estado líquido, tienen una gran movilidad y pueden, consecuentemente, favorecer el contacto con las lipasas y provocar la reacción.

La hidrólisis de los acilglicéridos no solo se efectúa por acción enzimática; también la provocan las altas temperaturas en presencia de agua, como ocurre durante el freído de los alimentos.

Por otra parte, muchos hongos y levaduras que se encuentran comúnmente como contaminaciones, dado su sistema enzimático llegan a ocasionar severos problemas de lipólisis.

En la leche, los ácidos grasos generados por las correspondientes lipasas son de cadena corta como al ácido butírico, caproico, caprílico y láurico, los cuales son más volátiles con olores peculiares y responsables del deterioro sensorial de estos productos; en este caso se perciben olfativamente. Aunque en este caso la lipólisis es indeseable.

○ Autoxidación

Esta transformación es una de las más comunes de los alimentos que contienen grasas y otras sustancias insaturadas; consiste principalmente en la oxidación de los ácidos grasos con dobles ligaduras, pero se llega a efectuar con otras sustancias de interés biológico, como la vitamina A.

Recibe el nombre de autoxidación pues es un mecanismo que genera compuestos que a su vez mantienen y aceleran la reacción; entre los productos

sintetizados se encuentran algunos de peso molecular bajo que le confieren el color característico a las grasas oxidadas, y otros cuya toxicidad todavía está en estudio. la autoxidación se favorece a medida que se incrementa la concentración de ácidos grasos insaturados.

Lo mismo que sucede en otras transformaciones químicas, las altas temperaturas aceleran la autoxidación especialmente por encima de 60°C, de tal manera que la velocidad se duplica por cada 15°C de aumento; cabe aclarar que la refrigeración y aún la congelación no necesariamente la inhibe ya que la presencia de catalizadores y la disponibilidad de los reactivos puede provocar que se lleve a cabo en estas condiciones.

El cobre y el hierro inician esta transformación en concentraciones menores a 1 ppm, por lo que es muy importante evitar todo contacto con recipientes o equipo elaborado con estos metales. El primero tiene más especificidad para catalizar la oxidación de las grasas lácteas, y el segundo para los aceites vegetales. Los ácidos grasos libres solubilizan estos iones y facilitan su acción catalizadora pues provocan un mayor contacto con el lípido. Dichos ácidos grasos provenientes de la hidrólisis de los triacilglicéridos son más susceptibles a la oxidación que cuando se encuentran en forma de ésteres.

Los peróxidos provenientes de grasas oxidadas también producen esta reacción, por lo que no es conveniente mezclar estas grasas con otras frescas.

La actividad acuosa desempeña un papel muy importante en la velocidad de la autoxidación; se considera que a valores de a_w de 0,4 existe la capa mono molecular BRT que actúa como filtro y no deja pasar oxígeno hacia las partes internas donde están los lípidos; a menor a_w se pierde dicha capa protectora y la oxidación se acelera; cuando se encuentra entre a_w 0,4 y 0,8 se favorece la reacción debido a que se incrementa la movilidad de los reactivos, se solubilizan los metales catalizadores y se expone nuevas superficies del alimento por el aumento de volumen causado por la hidratación. Finalmente, a valores de $a_w > 0,8$ la oxidación se inhibe por efecto de la hidratación y dilución de los metales y, en ciertos casos, por su precipitación como hidróxidos.

- Pardeamiento (enzimático y no enzimático)

Son un grupo de mecanismos muy importantes que generan el oscurecimiento o pardeamiento de alimentos. Se sintetizan colores que van desde un ligero amarillo hasta un café oscuro.

Dichos mecanismos se han clasificado como:

- Pardeamiento enzimático:

El pardeamiento enzimático es una reacción de oxidación en la que interviene como substrato el oxígeno molecular, catalizada por un tipo de enzimas que se puede encontrar en prácticamente todos los seres vivos, desde las bacterias al hombre.

La enzima responsable del pardeamiento enzimático recibe el nombre de:

- Polifenoloxidasas
- Fenolasa
- Tirosinasa

En el campo de los alimentos, el pardeamiento enzimático puede ser un problema muy serio en:

- Frutas
- Champiñones (Figura 7)
- Patatas
- Aguacates
- Otros vegetales
- También en algunos crustáceos
- La industria del vino



Figura 7. Pardeamiento de champiñón

○ Pardeamiento no enzimático:

Es el resultado de las reacciones originadas por las condensaciones entre compuestos carbónicos y aminados. Estas reacciones conducen a la formación de polímeros oscuros que en algunos casos pueden ser deseables y en algunos otros casos conllevan alteraciones organolépticas y pérdidas del valor nutritivo de los alimentos afectados.

En este tipo de reacciones se incluyen las reacciones de:

➤ Caramelización:

Es una serie compleja de reacciones que comienza cuando los azúcares se calientan por encima de su punto de fusión. La caramelización se presenta en alimentos tratados térmicamente de manera drástica como: Leche condensada, leche azucarada, derivados de panificación, frituras, dulces de leche, fabricación de caramelo líquido y sólido.

➤ Reacción de Maillard:

Con este nombre se designa un grupo muy complejo de transformaciones que traen consigo la producción de melanoidinas coloreadas que van desde amarillo claro hasta café oscuro, o incluso negro en alimentos.

La reacción de Maillard (técnicamente: glucosilación no enzimática de proteínas) se trata de un conjunto complejo de reacciones químicas que se producen entre las proteínas y los azúcares que se dan al calentar los alimentos o mezclas similares.

➤ Degradación de ácido ascórbico:

Es catalizada por el pH bajo y temperaturas elevadas. Los productos de descomposición resultantes de la oxidación del ácido ascórbico causan una coloración marrón, y la pérdida de valor nutritivo.

El ácido ascórbico se somete a una reacción química similar a la de los azúcares, salvo que los aminoácidos no son necesarios para el pardeamiento.

El ácido ascórbico es muy reactivo, se degrada a través de dos rutas, las cuales permiten la formación de intermediarios de dicarbonil y por este motivo forman productos de pardeamiento.

Las reacciones de pardeamiento son las responsables de muchos de los colores y sabores existentes en los alimentos:

- Galletas: el color tostado del exterior de las galletas genera un sabor característico.
- Caramelos: elaborado de mezclas de leche y azúcar.
- Responsable del color marrón en el pan tostado.
- El color de alimentos tales como la cerveza, café, etc.
- El sabor, color y olor de la carne asada, horneada y frita además de las cebollas asadas
- El color del dulce de leche, obtenido al calentar la leche con el azúcar.
- Hexanal

Entre los distintos compuestos volátiles que se producen en la oxidación lipídica (Tabla 2) en este estudio se va a determinar el hexanal, que se produce por la descomposición de hidroperóxidos como se aprecia en la figura (8).

La determinación de hexanal (aldehído volátil presente en las muestras de pipa de calabaza y quinoa) nos indica la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados en especial el ácido linoleico, que es la fuente de hexanal, a mayor concentración de

hexanal, mayor es la oxidación y por lo tanto mayor será el olor a rancio en el análisis sensorial, el método por el cual se va a determinar va a ser cromatografía de gases.

Tabla 2. Algunos compuestos carbonílicos volátiles, productos de la oxidación térmica de linoleato y linolenato. El hexanal es un aldehído que requiere seguimiento.

(Hernando R., 2005)

Productos volátiles de la oxidación térmica de linoleato y sus hidroperóxidos		Productos volátiles de la oxidación térmica de linolenato y sus hidroperóxidos	
Compuestos volátiles:	Fuente:	Compuestos volátiles:	Fuente:
3-Nonenal		3,6-Nonadienal	
2,4-Decadienal	9-OOH	2,4,7-Decatrienal	9-OOH
Hexanal	9-OOH	3-Hexenal	9-OOH
Etanal	13-OOH	2,4-Heptadienal	12-OOH
Acroleína	Me-OOH	3-Hexenal	12-OOH
Propanal	Trilinoleína	Acroleína	13-OOH
Butanal	Trilinoleína	Etanal	16-OOH
Pentanal	Trilinoleína	Butanal	Me-OOH
Heptanal	Trilinoleína	2-Butenal	Me-OOH
Nonanal	Trilinoleína	2-Pentenal	Trilinolenina
2-Heptenal	Etil-Linoleato	2-Nonenal	Me-Éster
2-Octenal	Trilinoleína	Me 8-Oxooctanoato	Me-Éster
2-4-Nonadienal	Etil-linoleato	Me 9-Oxononanoato	Me-OOH
		Malondialdehído	Me-OOH

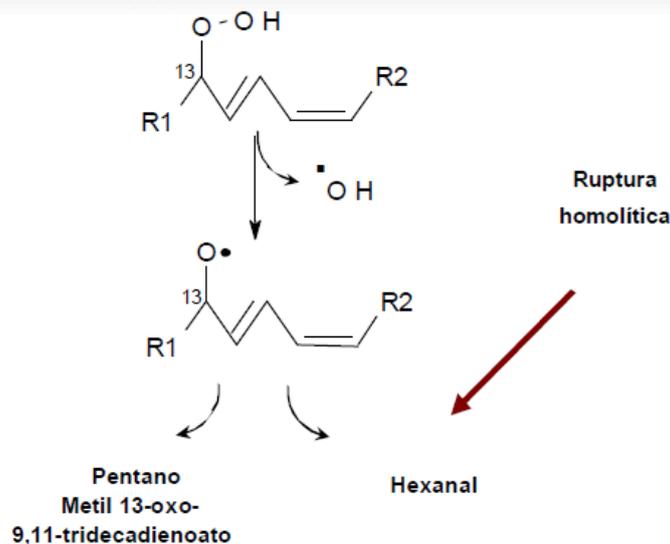


Figura 8. Descomposición de hidroperóxidos, productos de la peroxidación lipídica, y obtención de hexanal.

1.2.3. Parámetros sensoriales.

- Visuales:

Es uno de los aspectos más importante que caracteriza la calidad de un alimento. La expresión "la primera impresión entra por los ojos" es muy válida para todos los alimentos. En la apariencia es muy importante valorar el tamaño, la forma, el brillo, el color y la ausencia de defectos visuales. También influyen en los aspectos visuales la presentación del producto como su envasado, marca, etc.

- Táctiles y auditivos

La textura de un producto es un atributo complejo percibido como sensaciones por los labios, la lengua, los dientes, el paladar y los oídos. La firmeza de un producto está relacionada con la mayor o menor dificultad para desgarrar los tejidos y masticarlos.

- Olfativos:

El aroma de los productos es un componente muy importante de la calidad y es producido por numerosos compuestos volátiles característicos de un determinado alimento. De esta misma forma, se puede detectar olores no deseables en los alimentos, indicativos de un alimento en mal estado, que hacen que el consumidor rechace el producto antes de ingerirlo, por lo que es una herramienta de supervivencia.

- Gustativos:

Son los percibidos por el sentido del gusto, los sabores básicos son: dulce, amargo, ácido, salado y umami.

1.2.4. Parámetros microbiológicos

Como se ha comentado anteriormente, se considera alimento deteriorado aquel dañado por agentes microbianos, químicos o físicos de forma que es inaceptable para el consumo humano (Pascual-Anderson., 1999). El deterioro de alimentos es una causa de pérdidas económicas muy importante: aproximadamente el 20% de las frutas y

verduras recolectadas se pierden por deterioro microbiano producido por alguna de las 250 enfermedades de mercado.

Los agentes causantes de deterioro microbiano pueden ser bacterias, mohos y levaduras; siendo bacterias y mohos lo más importantes. De todos los microorganismos presentes en un alimento sólo algunos son capaces de multiplicarse activamente sobre el alimento por lo que, con el paso del tiempo, la población heterogénea inicial presente en el alimento va quedando reducida a poblaciones más homogéneas y, finalmente, un solo tipo de microorganismos que consiguen colonizar todo el alimento desplazando a los demás.

Existen una serie de factores que fija la resistencia a la colonización de un alimento:

- Factores intrínsecos: actividad de agua (a_w), pH, potencial redox, nutrientes, estructura del alimento, agentes antimicrobianos presentes, etc.
- Tratamientos tecnológicos: factores que modifican flora inicial como consecuencia del procesado del alimento como pasteurización, esterilización...
- Factores extrínsecos: condiciones de almacenamiento
- Factores implícitos: las relaciones entre los microorganismos establecidas como consecuencia de los factores anteriormente citados.

Según el tipo de alimento, el deterioro es por acción de un determinado tipo de microorganismo concreto, estableciéndose una asociación específica entre el microorganismo alterante y el producto alterado: así, por ejemplo, las carnes son los alimentos más fácilmente deteriorables debido a las favorables condiciones para el crecimiento de microorganismos derivadas de los factores anteriores.

1.3. Test de vida útil en alimentos

1.3.1. Casos prácticos

1.3.1.1. Productos de panadería

- Vida útil de croissant (ICTAN, 2012)

En un estudio de vida útil de croissants envasados individualmente se observaron los siguientes cambios en los parámetros utilizados. La a_w se reduce considerablemente en el producto almacenado a temperatura ambiente (0,870 a 0,799 en 5 días) y en menor medida en el almacenado en refrigeración a 4°C (0,870 a 0,858 en 5 días). El contenido en agua total (% humedad) se reduce de forma importante, 5,59 % a temperatura ambiente y 1,25% en refrigeración a 4°C. El análisis sensorial se realizó mediante la valoración de los siguientes parámetros: color, olor, sabor característico, textura característica, jugosidad, masticación y global. La valoración organoléptica global fue satisfactoria hasta el quinto día de almacenamiento, con valores medios generales superiores a 5,00 tanto a temperatura ambiente como en refrigeración. Desde el punto de vista microbiológico no supone riesgo sanitario de acuerdo con los parámetros analizados. Estos parámetros fueron enterobacterias totales, microbiota aerobia mesófila viable y mohos y levaduras.

Los autores concluyeron que la vida útil del croissant para su consumo directo es de 5 días, tanto conservados a refrigeración como a temperatura ambiente.

1.3.1.2. Productos lácteos

- Vida útil dulce de leche (Garitta *et al* 2004)

Para obtener la vida útil del producto se pusieron las muestras a distintas temperaturas durante diferentes tiempos de almacenamiento: 200 días a 25°C, 122 días a 37°C y 24 días a 45°C con el objetivo de que se apreciara el deterioro que se produce. Para determinar hasta donde llegó la vida útil del dulce de leche fue necesario determinar los puntos de corte de los atributos que nos indican cuándo el producto está deteriorado. Estos atributos fueron: sabor a plástico, sabor a quemado,

disgregado, color oscuro. A continuación, se muestra dos gráficos del estudio donde se fija el punto de corte entre para la aceptación global y el sabor a plástico (Figura A) y entre el sabor a plástico y los días de almacenamiento (Figura B).

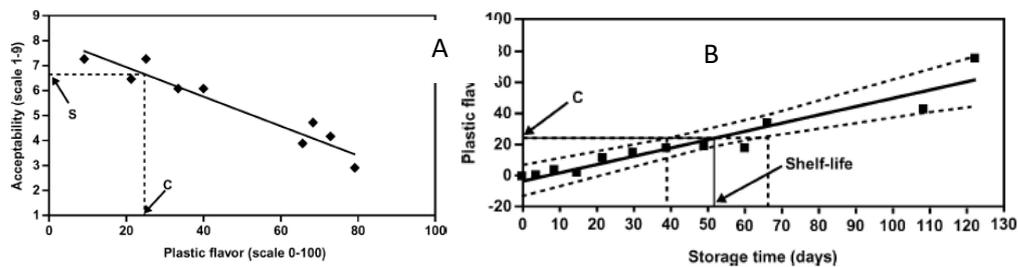


Figura 6. A) Punto de corte entre para la aceptación global y el sabor a plástico; **B)** Punto de corte entre el sabor a plástico y los días de almacenamiento.

Para estimar la vida útil a otras temperaturas de almacenamiento fue necesario el cálculo de la energía de activación de los cambios. Un enfoque simplificado para calcular la energía de activación es primero estimar las constantes de velocidad de reacción a cada temperatura. Después de esto, y usando la ecuación de Arrhenius, la energía de activación se estimó a partir de la pendiente de regresión lineal de log (constante de velocidad de reacción) frente a la inversa de la temperatura absoluta (Labuza, 1982).

Para determinar los puntos de corte, se utilizó el mismo tipo de panel (panel de 50 catadores entrenados), las muestras a 25 y 37°C se retiraban para analizar cada 10 días y las muestras a 45°C se retiraban cada 4 días. Para 25°C el primer atributo que llegó a su punto de corte fue el sabor a plástico, por lo que éste fue el atributo elegido para determinar la vida útil del producto. A 37 y 45°C, el atributo que primero alcanzó su punto de corte fue el oscurecimiento. No hay estudios publicados sobre valores de E_a asociado con el desarrollo del sabor de plástico durante el almacenamiento, por lo que no fue posible comparar este valor de E_a con otros. La vida útil a una temperatura de 20°C sería 146 días, aproximadamente 5 meses. Lo más común de los fabricantes de dulce de leche es una vida útil de 6 meses.

1.3.1.3. Productos grasos

- Vida útil mayonesa (García-Molina., 2008)

La vida útil de una mayonesa se estimó mediante pruebas aceleradas, empleando el índice de peróxidos como indicador de deterioro. El producto se almacenó a 21°C, 35°C y 45°C durante 210, 90 y 42 días, respectivamente. Se realizaron como mínimo seis muestreos para cada temperatura y los resultados obtenidos se utilizaron para definir la cinética de esta reacción de deterioro. La cinética de la reacción fue de orden cero y las constantes cinéticas encontradas fueron (0,31, 0,173 y 0,365) meqO₂/kg, en orden creciente de temperatura. Con estas constantes específicas de reacción y el modelo de Arrhenius se obtuvo un valor de energía de activación de 80.960 J/mol, la cual se encuentra dentro del ámbito de las reacciones de oxidación de lípidos. Para determinar el índice de peróxidos se utilizó como base el método Standard Internacional ISO 3960, la metodología seguida por Rondon *et al* (2004) y los ajustes al procedimiento establecidos por García (2008).

Se ha encontrado que el deterioro de los alimentos con un alto contenido de grasa o lípidos predominan las reacciones de oxidación y estas siguen un comportamiento de orden cero. Puesto que la constante de velocidad de reacción es función de la temperatura, esta dependencia es descrita por la ecuación de Arrhenius.

Labuza (1985) y Neter (1983) indican que la cantidad mínima de temperaturas para conducir un estudio de vida útil son tres. Para este estudio se establecieron las temperaturas de 21°C, 35°C y de 45°C, como se ha indicado anteriormente. Las temperaturas de 35°C y 45°C se escogieron para establecer una diferencia de 10°C y poder calcular el valor de Q10 que representa la razón de las constantes de velocidad de reacción a las temperaturas mencionadas.

Como conclusión los autores indicaron ciertos puntos a tener en cuenta en el estudio de vida útil en mayonesa:

- De acuerdo con las ecuaciones obtenidas para el aumento del índice de peróxidos en función del tiempo, el orden de reacción para la oxidación del aceite de la mayonesa es cero y la energía de activación es de 81 kJ/mol.

- La vida útil estimada del producto a 21°C, 35°C y 45°C es de 149 d, 40 d y 21 d, respectivamente.

1.3.1.4. Productos animales

- Vida útil de jamón cocido (Ordóñez-Camero *et al* 2007)

Cada vez es más frecuente, sobre todo en las grandes urbes, el consumo de comidas preparadas tanto en el hogar como fuera de él. Esta situación ha provocado que la industria alimentaria transforme alimentos ya procesados (jamón cocido, jamón serrano, embutidos, mortadela, fiambres de ave, diversos tipos de pescado ahumado, quesos frescos y curados, hortalizas frescas, etc.) en productos listos para el consumo (RTE) para suministrarlos en envases domésticos, lo que implica una reducción de tamaño (lonchas, filetes, rodajas, piezas pequeñas, etc.). Cualquier operación de troceado, loncheado, dosificación, envasado u otras conducentes a facilitar la venta o el trabajo en el hogar, incrementa los riesgos de una contaminación. En estas operaciones, diversos microorganismos patógenos, procedentes del entorno, utillaje empleado en las operaciones, manipuladores, etc., pueden potencialmente alcanzar el alimento. Se hace necesario, pues, higienizar el producto RTE antes de que llegue al consumidor. En algunas ocasiones no es posible aplicar las tecnologías clásicas para la higienización de estos alimentos. Sin embargo, hay una serie de agentes biológicos (bacteriocinas, sistema lactoperoxidasa, lactoferrina, etc.), tecnologías emergentes (altas presiones, pulsos de luz, pulsos eléctricos, termoultrasonificación, etc.) y otras ya establecidas pero que apenas se han utilizado (radiaciones ionizantes) que pueden ser utilísimas para lograr la higienización de los productos RTE, minimizar los cambios sensoriales y nutritivos y, al tiempo, conseguir que tengan una vida útil adecuada para el uso que se espera de ellos.

En esta ponencia se va a considerar la potencialidad de las radiaciones β para la higienización de jamón cocido RTE, utilizando como modelo *L. monocytogenes* que es, sin duda, la bacteria patógena que más preocupa por su carácter de psicrotrofilia, ya que puede multiplicarse a la temperatura (3-4°C) a la que habitualmente se almacenan estos productos hasta su consumo. Se describe el uso de electrones acelerados (radiaciones β) para conseguir el objetivo de seguridad alimentaria (FSO) en lonchas de

jamón cocido envasadas a vacío. Para ello, se realizaron una serie de experimentos para conocer la cinética de destrucción de diversas cepas de *L. monocytogenes*, obteniéndose un valor D (dosis absorbidas para destruir el 90% de las células presentes) máximo de 0,48 kGy. Tras considerar el FSO de acuerdo a los criterios de la UE (102 ufc/g) y USDA (ausencia en 25 g) se puede concluirse que para ajustarse a estos valores es necesario aplicar un tratamiento de radiaciones β que proporcione una reducción del número de bacterias equivalentes a 1,7 D y 5,09 D, respectivamente. Teniendo en cuenta el valor D calculado experimentalmente, puede decirse que con dosis de 1 kGy se logra higienizar el producto a los niveles exigidos en la UE sin que se aprecien modificaciones de la calidad sensorial. Con dosis de 2,5 kGy se alcanza el criterio de EEUU (y otros países como Japón y Canadá), es decir, un FSO de ausencia en 25 g, pero la mayor agresividad del tratamiento conduce a la percepción de ligeros aromas anómalos que pueden detectar los consumidores, aunque no hay ningún motivo para rechazar estas muestras.

Por lo tanto, teniendo en cuenta que el factor microbiológico es el que determina la vida útil del producto se concluyó que el tratamiento con radiaciones ionizantes (electrones acelerados/radiación β) de jamón cocido RTE envasado al vacío permite obtener un producto microbiológicamente seguro y, al tiempo, se consigue una ampliación de la vida útil considerable, pudiéndose estimar en una duplicación (de unos 20 días a unos 40). Con dosis de 1 kGy se logra higienizar el producto a los niveles exigidos en la UE (FSO = 102 ufc/g) sin que se aprecien modificaciones de la calidad sensorial. Con dosis de 2,5 kGy se alcanza el criterio de EEUU (y otros países como Japón y Canadá), es decir, un FSO de ausencia en 25 g, pero la mayor agresividad del tratamiento conduce a la percepción de ligeros aromas anómalos que pueden detectar los consumidores, aunque no hay ningún motivo para rechazar estas muestras.

1.3.1.5. Producto de la pesca

- Vida útil de “gamba roja”

El estudio llevado a cabo por el Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) y la Cofradía de Pescadores de Palamós ha supuesto un largo periodo de análisis en el que se han examinado las condiciones de captura, manipulación y

acondicionamiento del crustáceo en el barco hasta su llegada al puerto, con especial énfasis en el control de la cadena de frío. El tiempo de arrastre, la limpieza y la manipulación del producto durante la captura, así como el mantenimiento de la cadena de frío post-captura (entre los 0 y -2°C), la minimización de la manipulación en esta fase, las oscilaciones térmicas durante su procesado y el transporte se han mostrado factores clave para obtener un producto de alta calidad. También se ha estudiado el impacto de dichos factores en la calidad sensorial inicial de la gamba fresca y a lo largo de la vida comercial del producto envasado en atmósfera modificada (MAP, por sus siglas en inglés). Gracias a la mezcla de gases de nitrógeno y dióxido carbónico empleada por esta tecnología, se ha conseguido conservar las características de sabor, textura y flavor intactos de la gamba roja, logrando extender la calidad sensorial hasta tres días después de su captura y envasado. La optimización de las buenas prácticas de pesca de la gamba y la ausencia de oxígeno en el interior del envase han sido fundamentales para evitar la aparición de la melanosis (factor que determina la vida útil) y alargar la vida comercial a temperaturas de refrigeración sin necesidad de añadir aditivos tales como los antimelanósicos, los sulfitos, los antioxidantes o los crioprotectores, habitualmente usados en productos capturados en altamar, granjas acuícolas o procesadoras. Finalmente, el resultado de los análisis físico-químicos y microbiológicos ha permitido obtener un producto de calidad óptima, garantizando a la vez su seguridad alimentaria.

En definitiva, la conservación de la gamba roja de Palamós envasada en atmósfera modificada podría repercutir positivamente en su distribución y comercialización, brindando la posibilidad a este producto propio de la localidad ampurdanesa de acceder a mercados geográficamente más lejanos. Esto pone de manifiesto, una vez más, que la aplicación de las nuevas tecnologías puede representar una clara perspectiva de futuro para el sector pesquero, contribuyendo a la revalorización de sus productos más tradicionales.

1.3.1.6. Productos vegetales

- Vida útil Lechuga (Araneda-Hough-Witting. 2007)

El objetivo de éste estudio fue determinar la vida útil de lechuga de cuarta gama, Inmediatamente después del procesado, el producto fue transportado al laboratorio de análisis bajo refrigeración. Las muestras se almacenaron a 4°C durante 16 días. El experimento completo se repitió dos veces. En la primera ronda, los tiempos de muestreo fueron de 1, 5, 8, 11, 13 y 15 días; y en el experimento de repetición, Los tiempos de muestreo fueron 1, 4, 8, 11, 14 y 16 días. En cada momento de muestreo, se tomaron muestras de cuatro bolsas de 300 g. Para el estudio de consumidores se reclutó a estudiantes y personal de la Universidad de la ciudad de Santiago, Chile; las edades variaban de 19 a 50 años. Para cada tiempo de muestreo hubo 50-52 consumidores que probaron una muestra. La muestra consistió en aproximadamente 25 g de lechuga presentada en una placa de Petri transparente de plástico transparente. Los consumidores fueron instruidos para evaluar la apariencia, textura y sabor de la Lechuga y se les pidió que contestaran la siguiente pregunta con un "Sí" o una "No": "¿Consumirías regularmente esta lechuga?"

Para el análisis estadístico se utilizó el modelo Weibull para determinar la región de rechazo de los resultados. La práctica comercial en Chile es sellar una fecha de caducidad de 10 días para la lechuga. La introducción de este valor en el modelo dio un rechazo estimado probabilidad 95%. Esto puede considerarse aceptable; Por lo tanto, la vida comercial comercialmente usada es adecuada.

1.3.1.7. Frutos secos

Nueces, almendras o avellanas. Lo que caracteriza a estos frutos es la presencia de semilla única, que son secos y de cascara dura. El termino fruto seco se utiliza también para cualquier semilla o fruto comestible que se encuentra dentro de una cascara, por ejemplo, los cacahuets, aunque en realidad son legumbres. Muy interesantes desde el punto de vista nutricional, las recomendaciones actuales aconsejan su consumo diario en pequeñas cantidades.

Los frutos secos se conservan de 2 formas básicas, según se están pelados o con cáscara:

- Frutos secos con cáscara: están mejor protegidos frente a la luz y la oxidación y el calor, por lo que se conservación resulta más sencilla. Pueden conservarse a temperatura ambiente en una despensa fresca, libre de humedad y bien ventilada.
- Frutos pelados (sin cáscara): no se encuentran protegidos frente a factores externos (luz, calor u oxidación). Deben conservarse en un lugar fresco, oscuro y seco, preferiblemente en un recipiente hermético. También pueden refrigerarse en la nevera. Las preparaciones saladas facilitan la conservación.

En cualquiera de los 2 casos el principal factor por el que se determina la vida útil es el enranciamiento de las grasas, ya que los frutos secos son ricos en ácidos grasos poliinsaturados, que son altamente susceptibles de ser oxidados. Otro factor determinante puede ser la aparición de mohos tóxicos, pero éstos suelen aparecer a consecuencia de la incorrecta manipulación del producto.

1.3.1.8. Helados (Bejarano-Silva., 2010)

La vida útil del helado depende ampliamente de las condiciones de almacenamiento del mismo. Lo importante es evitar fluctuaciones de temperatura durante su almacenamiento y distribución, además de lograr un adecuado proceso.

Los cristales de hielo son relativamente inestables, pueden sufrir cambios de tamaño, número y forma en un proceso conocido como recristalización. Si la temperatura aumenta durante el almacenamiento, algunos cristales, particularmente los más pequeños, se fundirán y de esa manera aumentará la cantidad de agua no congelada. Por lo contrario, cuando la temperatura disminuya, el agua no congelada volverá a cristalizar, pero no volverá a formar núcleos, sino que se depositará en la superficie de los cristales más grandes, disminuyendo así el número total de cristales y aumentando el tamaño promedio de los mismos. La recristalización se puede minimizar manteniendo las temperaturas bajas y constantes durante el almacenamiento. Cuando la temperatura se mantiene entre -30 y -40°C (temperatura

ideal), el helado puede permanecer estable por periodos indefinidos sin agrandamiento de cristales de hielo. Cabe decir que la temperatura practicable estaría entre los -25 y -30°C. Por encima de esa temperatura los cristales de hielo pueden crecer y las burbujas de aire pueden expandirse, limitando la vida útil del producto con las mismas características físicas que al comienzo del congelado.

En este estudio se concluyó que el producto presenta valores descendientes con respecto al tiempo, este fenómeno se debió a que el aire que contenía la masa (overrun) fue disminuyendo dándole un aspecto de resequedad sin dejar de ser apreciable por el consumidor. Con respecto a las pruebas sensoriales se determinó que el producto durante los 15 días de estudio guarda consigo las características iniciales de sabor, aspecto, olor y color. El producto está en óptimas condiciones 3 meses a partir de su elaboración, por lo cual hemos cumplido con el objetivo propuesto que fue demostrar que un producto libre de aditivos se puede mantener con un método de conservación de larga duración.

1.4. Quinoa

La quinoa (*Chenopodium quinoa willdenow*) pertenece a la familia de las quenopodiáceas y es originaria de Sudamérica, pero su cultivo se ha extendido por todos los continentes ya que se adapta muy bien a todo tipo de suelos y climas. La quinoa se considera un pseudocereal, porque, aunque no pertenece a la familia de las gramíneas se utiliza como un cereal por su alto contenido en almidón. El peristema es la parte mayoritaria, que representa el 60% del grano y es la parte más rica en almidón (Figura 9). El peristema está envuelto por el embrión, que es la parte más nutritiva del grano y está compuesto por proteínas (35-40% de la semilla), ácidos grasos esenciales, ácido fólico, colina y vitamina E (Tabla 3).

Tabla 3. Valor nutricional de la quinoa.

Nutriente	Quinoa por 100 g.
Calorías (Kcal)	374
Hidratos de carbono (g)	68,9
Proteínas (g)	13,1
Grasas (g)	5,8
Fibra (g)	5,9
Calcio (mg)	60
Magnesio (mg)	210
Zinc (mg)	3,3



Figura 9. Estructura del grano de quinoa.

1.5. Pipas de calabaza

Las pipas de calabaza son las semillas de las calabazas (*Cucurbita spp.*) se caracterizan por el color verdoso, que es debido al contenido de clorofila.

Desde el punto de vista nutricional las pipas de calabaza son pobres en hidratos de carbono (10%), y contienen principalmente grasas (50%), entre las que se encuentran fundamentalmente ácidos grasos esenciales, proteínas (30%) y son ricas en fibra (7%). Nos da un gran aporte de vitaminas del grupo B (excepto B12), potasio, fósforo, calcio (Tabla 4).

Tabla 4. Valor nutricional semillas de calabaza.

Nutrientes	Semillas secas por 100 g
Agua (g)	5
Calorías (Kcal)	559
Grasa (g)	49
Proteína (g)	30
Hidratos de carbono (g)	10,7
Fibra (g)	6
Potasio (mg)	809
Sodio (mg)	7

1.6. Recopilación de vida útil de diferentes alimentos

Tabla 5. Vida útil de productos lácteos tanto en refrigeración como en congelación

Productos lácteos			
Producto	Forma	Vida útil en refrigeración	Vida útil en congelación
Queso	Desmenuzado, poca humedad (cheddar)	30 días	6 meses
Mantequilla		10 días	No recomendado
Yogurt		14 días	1-2 meses
Leche		5 días	No recomendado
Helado		-	4 meses
Queso ricotta		14 días	No recomendado

Tabla 6. Vida útil de productos enlatados

Enlatados		
Producto	Forma	Vida útil
Cangrejo		6 meses
Salsa de crema	Producto poco ácido	2-3 años
Carne	Vacuno	2-3 años
Frijoles		3 años
Tomate		1-2 años
Sardinas		3 años



Tabla 7. Vida útil de condimentos

Condimentos		
Producto	Forma	Vida útil
Kétchup	embotellado	18 meses
Aderezo para ensaladas	Mezcla seca	2 años
Miel	Pasteurizada	Indefinido
Salsa para espaguetis	Enlatado o en envase de vidrio	18 meses
Aceitunas		De 18 a 24 meses
Melaza		2 años

Tabla 8. Vida útil de productos secos

Productos secos			
Producto	Forma	Vida útil una vez abiertos	En almacenamiento cerrado
Cereales	En frío o caliente	1 año	De 1 a 2 años almacenados
Pasta		De 2 a 3 años	30 años almacenados
Maíz para palomitas	En grano	2 años	5 años almacenado
Patatas	Snack en bolsa	1 año	7 años almacenados
Azúcar	Blanco	Más de 2 años	indefinido
Frijoles	Secos	1 año	30 años almacenados

Tabla 9. Vida útil de bebidas

Bebidas			
Producto	Forma	Vida útil una vez abiertos	En almacenamiento cerrado
Batido de cacao		36 meses	15 años almacenados
Zumo	Botella	9 meses	-
Te	Instantáneo	3 años	
Café	Molido	2 años	Más de 2 años (congelado)
Leche	De soja	6 meses	
Lecha	Seca y desnatada	6 meses	

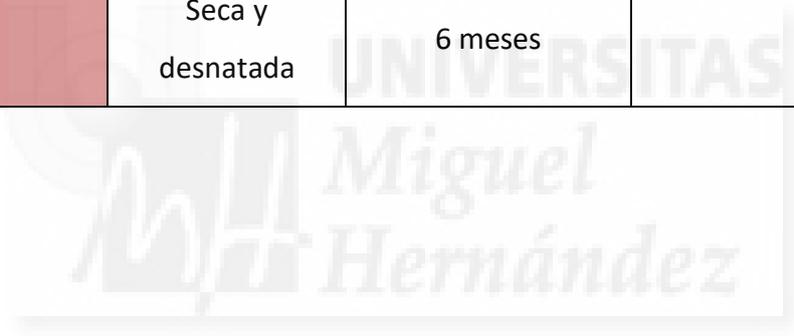


Tabla 10. Vida útil de productos congelados

Congelados		
Producto	Forma	Vida útil
Pescado	Empanado	4-6 meses
Nuggets de pollo		2 meses
Helado		4 meses
Postres	Creimas	1-2 meses
Crepes		2 meses

Tabla 11. Vida útil de productos cárnicos

Productos secos			
Producto	Forma	Vida útil en fresco	Vida útil congelado
Cerdo	Asado	3-5 días	1 año
Cordero	Filete	3-5 días	1 año
Bacon	Sin abrir	2 semanas	6 meses
Perritos calientes	Sin abrir	2 semanas	9 meses
Salmon	Crudo	2 días	3-6 meses
Colas de langosta	Crudas	4-5 días	6-9 meses

2 OBJETIVOS

El siguiente trabajo final de grado tiene los siguientes objetivos:

- Determinar que parámetros son apropiados para determinar la vida útil en pipas de calabaza y quinoa, realizando análisis del contenido de hexanal, textura, color, actividad de agua y análisis sensorial.
- Estimar la vida útil de pipas de calabaza peladas envasadas en bolsa de plástico transparente de 100 g, mediante pruebas aceleradas.
- Estimar la vida útil de quinoa envasadas en bolsa de plástico transparente de 100 g, mediante pruebas aceleradas.



3 MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

En el presente trabajo se llevó a cabo la determinación de la vida útil de dos alimentos: pipas de calabaza pelada y quinoa. Todos los productos fueron adquiridos de la empresa Naturcid S.L.

La vida útil se estimó mediante pruebas aceleradas con un seguimiento de diferentes parámetros (físico-químicos: a_w , color CIELab; texturales: método de Magness-Taylor; sensoriales: panel experto entrenado; químico: contenido en hexanal). Entre todos los parámetros estudiados se seleccionó aquel parámetro que se comportó de manera lineal respecto al tiempo en cada una de las temperaturas estudiadas. En ambos casos estudiados la cromatografía de gases con detector de espectrometría de masas para determinar el contenido de hexanal presente en las muestras fue el parámetro que explicó mejor las degradaciones de los alimentos, todo ello con un seguimiento sensorial realizado por un panel de cata formado por jueces expertos. Se realizó un análisis al día cero (muestra control) para determinar la cantidad inicial de éste compuesto en cada una de las muestras. Posteriormente, las muestras fueron almacenadas a 25, 35, 45 y 55 °C durante un tiempo máximo de 70 días. Se realizaron muestreos a diferentes tiempos en función de la temperatura estudiada.

3.2 MATERIAL

3.2.1 Equipos

Los equipos utilizados para la preparación de las muestras son:

- Molinillo *Taurus*, modelo Aromatic (**Figura 10**)
- Hornos de aire Selecta, de 0-200°C, utilizado para 45 y 55°C (**Figura 11**)
- Estufa *clima* para las muestras de 25°C. (**Figura 12**)
- Estufa a 35°C
- Congelador a -80°C para almacenar muestras, con las que se analizará el contenido de hexanal.



Figura 10. Molinillo Taurus



Figura 11. Horno de aire caliente



Figura 12. Estufa a 25°C

Los equipos utilizados para el análisis de la muestra:

- Para medir actividad de agua (Aw sprint TH-500 Novasina) (**Figura 13**)
- Texturómetro (Stable micro systems TA.XT-plus. Texture analyser) (**Figura 14**)
- Colorímetro (Minolta CA-300) (**Figura 15**)



Figura 13. Aw sprint TH-500 Novasina



Figura 14. Texturómetro.



Figura 15. Colorímetro.

3.2.2 Material

- Duquesitas (**Figura 16**)
- Capsulas de Novasina (para medir a_w). (**Figura 17**)
- Tubos. (**Figura 18**)



Figura 16. Duquesitas.

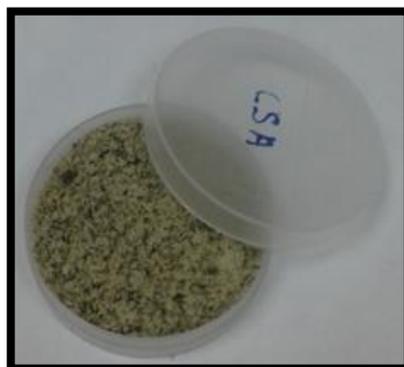


Figura 17. Cápsula de novasina



Figura 18. Tubos

3.2.3 Reactivos

- Benzyl acetate 1000 ppm, patrón interno.

3.3 MUESTRAS

3.3.1. Muestras de alimentos

Los productos analizados fueron adquiridos a través de la empresa Naturcid S.L., proviene de producción ecológica. Las pipas de calabaza peladas y la quinoa vienen envasados en bolsas de 100 g. Las pipas de calabaza han pasado por un proceso de pelado y la quinoa real limpia y sin impurezas (**Figura 19** y **Figura 20**).



Figura 19. Pipas de calabaza pelada.

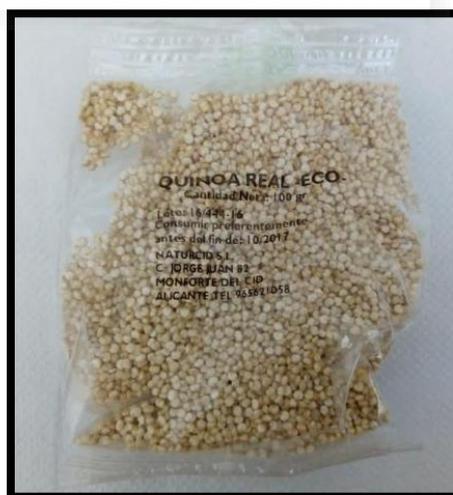


Figura 20. Quinoa.

3.4 MÉTODO INDIRECTO

3.4.1. Estimación de la vida útil mediante degradación cinética

Una de las particularidades de los cambios en los atributos de los alimentos, como el color, textura, sabor, es que estos responden a modelos cinéticos de orden cero o de primer orden (Díaz, 2004; Potter, 1978; Labuza y Schmidt, 1985; Kuntz, 1991; Casp, 1999; CITA,2005).

El modelo para una reacción de orden cero se presenta como ecuación 1:

$$-\frac{dX}{dt} = k$$

Ecuación 1:

Cuando la ecuación (1) se integra y reacomoda, tiene la forma de una línea recta con pendiente k , que es la constante específica de reacción, cuyo valor depende de la temperatura y, X es el atributo. (Ecuación 2):

$$X_f = X_0 - kt_u$$

Ecuación 2:

Con X_0 como la intersección con el eje Y.

Para el estudio de vida útil se empleó el modelo de Arrhenius que describe la relación de la constante de velocidad de reacción con la temperatura según la ecuación (Baldizón y Córdoba, 2008):

$$\text{Ecuación 3:} \quad k = Ae^{(-E_a/RT)}$$

dónde:

k constante de velocidad de reacción,

A factor de frecuencia,

E_a energía de activación,

R constante de los gases ideales,

T temperatura absoluta (K).

Siguiendo este modelo matemático, se puede estimar la vida útil de ambas muestras para diferentes temperaturas de almacenamiento.

Los datos de los resultados se van a expresar mediante el modelo matemático de la regresión lineal, usado para aproximar la relación de dependencia entre una variable dependiente Y , las variables independientes X_i y un término aleatorio ε .

Las muestras se almacenan a 4 temperaturas 55°C, 45°C, 35°C y 25°C, en sus respectivas estufas. Los días en los que se hacen los análisis dependen de la temperatura a la que esté almacenada la muestra: a 55°C cada 3 días, a 45°C cada 7 días, a 35°C cada 10 días y a 25°C cada 15 días. En la **Figura 21** se puede ver el “*planning*” del muestreo.



55°C → cada 3 días 45°C → cada 7 días 35°C → cada 10 días T° amb → cada 15 días						
7 DIA 0	8	9	10 55°C	11	12	13
14 55°C 45°C	15	16 35°C	17 55°C	18	19	20
21 55°C 45°C T° amb	22	23	24 55°C	25 35°C	26	27
28 55°C 45°C	29	30	1 55°C	2	3	4
5 55°C 45°C 35°C T° amb	6	7	8 55°C	9	10	11
12 55°C 45°C	13	14	15 55°C 35°C	16	17	18
19 55°C 45°C T° amb	20	21	22 55°C	23	24	25

Figura 21. Calendario de muestreo

3.4.1 Preparación de las muestras

Tras el almacenamiento en las distintas temperaturas como se describe en el apartado anterior, se realiza la preparación de la muestra para cada uno de los análisis. Se muele aproximadamente 40 g de las pipas de calabaza y la quinoa con un molinillo. El resto de muestra (60 g) se almacena sin moler en duquesitas perfectamente etiquetadas (**Figura 22**), para realizar el análisis sensorial y para medir posteriormente el contenido de hexanal por cromatografía.

3.4.2.2 Color

El color se mide con el colorímetro Minolta CA-300. Primero se realiza una calibración con la placa de calibración (**Figura 23**), donde nos aparecen los siguientes valores L^* : 97,43; a^* : -0,76 y b^* : +1,31.

Una vez calibrado el equipo, se introduce la muestra molida en una capsula de novasina hasta una altura conocida, para poder medir durante todo el estudio bajo las mismas condiciones, ya que poner poca cantidad de muestra podría darnos un valor equivoco del color. Es conveniente que la muestra se coloque encima de un folio o de una superficie blanca, para no tener errores. Hacemos las mediciones por triplicado, y en cada medición intentamos poner el sensor en un punto distinto de la muestra, y sacamos la media de las tres mediciones. También hay que procurar mantener limpio el sensor. Tanto en las pipas como en la quinoa hacemos la medición de la misma forma.

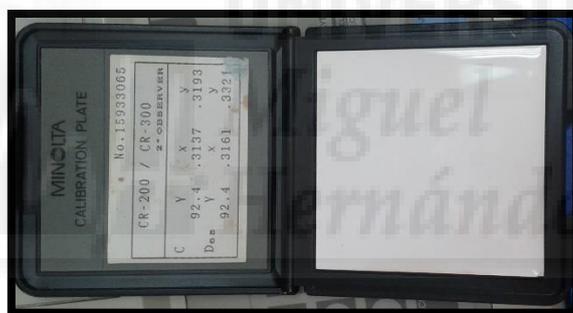


Figura 23. Placa de calibración.

3.4.2.3 Textura

En este caso solo vamos a medir la textura de las pipas de calabaza, ya que en el caso de la quinoa la fuerza de la pesa del equipo que haría falta supera a la que tenemos disponible. El texturómetro que utilizamos es Stable micro systems. TA.XT-plus con la sonda tipo diente (*Volodkevich bite jaws HDP/VB*) que nos permite simular la acción de un diente incisivo de la mandíbula superior mordiendo a través del alimento, se compone también por una plataforma inferior que es donde vamos a

colocar el alimento, la acción de mordida es proporcionada por el movimiento de compresión del diente superior que penetra en la muestra.) (Figura 24).

El primer paso es la calibración del equipo mediante el programa de ordenador del texturómetro pulsamos la opción calibrar, para que la sonda de diente baje hasta tocar la plataforma, de esta manera el aparato ya sabe la distancia desde donde está hasta la placa.

Se realizó 2 tipos de pruebas utilizando el método de Magness-Taylor con 15 repeticiones de cada una, en las 2 pruebas la velocidad de compresión del texturometro es 1 mm/s:

- La primera de ellas se trata de la penetración de 1 mm una vez el equipo detecte que ha tocado la muestra.
- En el segundo caso, la penetración va a ser hasta el 50 % de la altura de la pipa .

Esto nos va a dar datos de la fuerza necesaria para romper la muestra.



Figura 24. Sonda *Volodkevich bite jaws HDP/VB*

3.4.2.4 Contenido de hexanal

Este compuesto es un aldehído y producto secundario de la auto-oxidación del ácido linoléico a través de 13-hidroperóxido. Por ello es un conocido indicador de la oxidación de los ácidos grasos presentes en los alimentos, además de por aumentar con el almacenamiento. Posee un olor descrito como "hierba", que contribuye a un mal olor y sabor de los productos y es característico de productos enranciados. En nuestra opinión, mucho mejor que el índice de peróxidos y los valores del Rancimat. Para estos dos últimos necesitaríamos extraer el aceite del producto en cuestión (unos 10 gramos por muestra por lo que necesitaríamos 1-1,5 kg de pimienta y hacer un gasto de disolventes y tiempo innecesario). En los últimos años el hexanal se ha determinado en alimentos utilizando diferentes técnicas de detección, como por ejemplo, cromatografía de gases o líquidos, espectrofotometría, etc.

En este caso, en primer lugar, se realizó una microextracción en fase sólida (SPME) (**Figura 25**) del hexanal presente en el espacio de cabeza de las muestras de pipas de calabaza y de quinoa seguida por cromatografía de gases con detector de espectrometría de masas (**Figura 26**). La técnica del HS-SPME utiliza una fibra recubierta de sílice fundida que adsorbe los analitos volátiles de las muestras estudiadas. Para ello se colocó la muestra en un vial y se diluyó en agua ultrapura con NaCl (15 %). Para la cuantificación de hexanal es necesario incorporar a la muestra un patrón interno (IS). El vial se introdujo en un baño de agua a 40 °C y finalmente la fibra se colocó en el espacio de cabeza de la muestra. Tras pasar un tiempo adecuado, la fibra se insertó en el cromatógrafo para la desorción térmica y la cromatografía posterior. Como resultado se obtuvo el cromatograma donde se identificó el pico del hexanal.

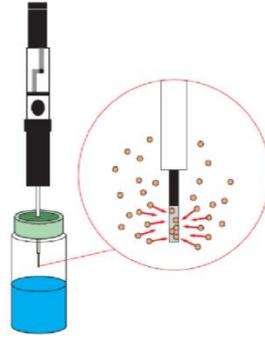


Figura 25. Microextracción en fase sólida (SPME)



Figura 26. Cromatógrafo de gases con detector de espectrometría de masas

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PIPAS DE CALABAZA

4.1.1 Propiedades físico-químicas

Los valores de a_w y de las coordenadas CieLab a las diferentes temperaturas estudiadas (25°C, 35°C, 45°C y 55°C) se muestran en la Tabla 12, Tabla 13, Tabla 14 y Tabla 15, respectivamente.

Tabla 12. Valores de a_w y coordenadas CieLab durante el almacenamiento a 25°C.

25°C				
Nº Días reales	a_w	L	a^*	b^*
0	0,60	64,81	-2,79	13,23
15	0,61	66,75	-2,63	13,21
30	0,58	65,23	-2,85	13,21
45	0,57	65,23	-2,74	13,15
60	0,62	64,25	-2,69	13,18
70	0,61	65,89	-2,64	13,19

Tabla 13. Valores de a_w y coordenadas CieLab durante el almacenamiento a 35°C.

35°C				
Nº Días reales	a_w	L	a^*	b^*
0	0,60	64,81	-2,79	13,23
10	0,55	64,53	-2,50	13,09
16	0,42	63,76	-2,84	12,49
25	0,47	63,45	-2,77	12,66
30	0,46	63,30	-2,60	12,52
45	0,45	63,18	-2,41	12,30
55	0,48	63,21	-2,42	12,28
65	0,42	63,61	-2,30	12,41

Tabla 14. Valores de a_w y coordenadas Cielab durante el almacenamiento a 45°C.

45°C				
Nº Días reales	a_w	L	a^*	b^*
0	0,60	64,81	-2,79	13,23
7	0,40	63,76	-2,84	12,49
14	0,48	66,51	-2,77	12,66
21	0,48	63,67	-2,52	12,60
28	0,46	63,31	-2,51	12,52
35	0,49	63,14	-2,48	12,32
42	0,43	63,08	-2,31	12,45
50	0,42	63,56	-2,38	12,30
57	0,48	63,42	-2,41	12,50
69	0,46	63,48	-2,48	12,64

Tabla 15. Valores de a_w y coordenadas Cielab durante el almacenamiento a 55°C

55°C				
Nº Días reales	a_w	L	a^*	b^*
0	0,60	64,81	-2,79	13,23
3	0,52	69,09	-2,70	12,90
6	0,47	67,33	-2,42	12,14
9	0,45	67,89	-2,16	12,65
12	0,38	63,84	-2,44	13,05
15	0,40	65,28	-2,30	12,80
18	0,42	66,21	-2,32	12,80
21	0,40	66,86	-2,60	12,30
24	0,43	66,53	-2,41	12,28
27	0,45	65,70	-2,30	12,05
30	0,42	65,02	-2,17	12,34

De forma general, podemos observar que los valores de actividad de agua no variaron de forma excesiva, manteniéndose constantes respecto al tiempo. Existe una tendencia a las temperaturas 45°C y 55°C de disminuir la actividad de agua (Tabla 14 y Tabla 15). Este comportamiento pudo ser debido a que las muestras se presentan en envases por lo que al aumentar la temperatura parte del agua se evaporó concentrándose en el espacio de cabeza. Como nos movemos en un rango de actividad de agua de entre 0,4 y 0,6, podemos decir que no van a crecer ni mohos, ni levaduras ni bacterias, las únicas reacciones de degradación que pueden aparecer en las pipas es la oxidación lipídica, el pardeamiento enzimático y no enzimático como se puede ver en la figura 2. En cuanto a la captación de humedad del ambiente no fue posible debido al envasado. Este parámetro podría ser útil si las pipas de calabaza se presentaran en sacos, a granel, ya que es posible que parte de la humedad del ambiente pasase al alimento, debido a la diferencia entre ello. En las coordenadas CieLab no se observó una variación significativa en ninguna de las temperaturas estudiadas durante el almacenamiento.

Debido a lo mencionado anteriormente, las coordenadas a^* , b^* y L^* , y la a_w no fueron parámetros adecuados para determinar la vida útil de las pipas de calabaza peladas envasadas, su variación no tiene una buena regresión lineal.

4.1.2 Propiedades texturales

Los resultados de la textura en función del tiempo se muestran en la Tabla 16, Tabla 17, Tabla 18 y Tabla 19, a 25°C, 35°C, 45°C y 55°C, respectivamente. En la columna "Prueba 1" tenemos los resultados de la prueba de penetración de 1 mm, mientras que en la "Prueba 2" tenemos la deformación de 50% de la pipa.

Tabla 16. Variación de la dureza a 25°C durante el almacenamiento.

25°C		
Nº Días reales	Prueba 1 Dureza (g)	Prueba 2 Dureza (g)
0	3552±198	3375±347
15	3633±177	4105±328
30	3749±235	3983±386
45	3869±108	3894±306
60	4002±298	3964±305
70	3964±304	4042±287

Tabla 17. Variación de la dureza a 35°C durante el almacenamiento.

35°C		
Nº Días reales	Prueba 2 Dureza (g)	Prueba 2 Dureza (g)
0	3552±198	3375±347
10	3720±237	3742±297
16	3549±307	3817±406
25	3366±208	3888±421
30	4096±421	3334±286
45	3674±398	3418±307
55	3984±204	4015±401
65	3864±187	3964±246

Tabla 18. Variación de la dureza a 45°C durante el almacenamiento.

	45°C	
Nº Días reales	Prueba 1 Dureza (g)	Prueba 2 Dureza (g)
0	3552±198	3375±347
7	3125±345	3301±302
14	3772±306	3772±36
21	3303±213	3327±277
28	3846±346	3561±297
35	3224±272	3592±255
42	3789±218	3485±398
50	3650±198	3512±301
57	3486±366	3480±227
69	3642±352	3942±365

Tabla 19. Variación de la dureza a 55°C durante el almacenamiento.

	55°C	
Nº Días reales	Prueba 1 Dureza (g)	Prueba 2 Dureza (g)
0	3552±198	3375±347
3	3371±248	3786±251
6	3859±332	3106±221
9	3479±228	3471±234
12	3420±304	2784±270
15	3220±258	2941±278
18	3840±109	3402±331
21	3960±198	3312±307
24	3456±294	3031±213
27	3345±301	3218±301
30	3846±402	3263±298

En los datos de las tablas anteriores podemos ver que no hay variaciones excesivas en ninguna de las cuatro temperaturas, manteniéndose constantes. Por lo que podemos decir que la textura no es un parámetro adecuado para determinar la vida útil, ya que no tiene una buena regresión lineal.

4.1.3 Contenido en hexanal

El contenido de hexanal en función del tiempo se muestra en la Tabla 20, Tabla 21, Tabla 22 y Tabla 23, a 25°C, 35°C, 45°C y 55°C, respectivamente.

Tabla 20. Variación del contenido de hexanal (ppm) a 25°C durante el almacenamiento.

25°C	
Nº Días reales	Hexanal ppm
0	0,03
15	0,10
30	0,11
45	0,13
60	0,15
70	0,13

Tabla 21. Variación del contenido de hexanal (ppm) a 35°C durante el almacenamiento.

35°C	
Nº Días reales	Hexanal ppm
0	0,03
10	0,04
16	0,06
25	0,10
30	0,11
45	0,18
55	0,21
65	0,23

Tabla 22. Variación del contenido de hexanal (ppm) a 45°C durante el almacenamiento.

45°C	
Nº Días reales	Hexanal ppm
0	0,03
7	-
14	0,15
21	-
28	0,23
35	-
42	0,25
50	-
57	0,28
69	0,31

Tabla 23. Variación del contenido de hexanal (ppm) a 55°C durante el almacenamiento.

55°C	
Nº Días reales	Hexanal ppm
0	0,03
3	-
6	-
9	0,14
12	-
15	0,16
18	0,19
21	-
24	0,25
27	0,28
30	0,30

La concentración de hexanal a tiempo 0 de las pipas de calabaza fue de 0,03 ppm. Tras el almacenamiento (70 días) a 25°C, llegó a 0,13 ppm. A 35°C y 45°C durante aproximadamente 70 días la concentración fue de 0,23 ppm y 0,31 ppm, respectivamente. A 55°C, en 30 días se alcanzó una concentración de 0,30 ppm. Podemos observar cómo la concentración presente en las muestras aumentó durante el almacenamiento, siendo este incremento mayor a medida que fue mayor la temperatura (Figura 27). Este comportamiento es lógico ya que, a mayor temperatura, la velocidad de degradación es mayor.

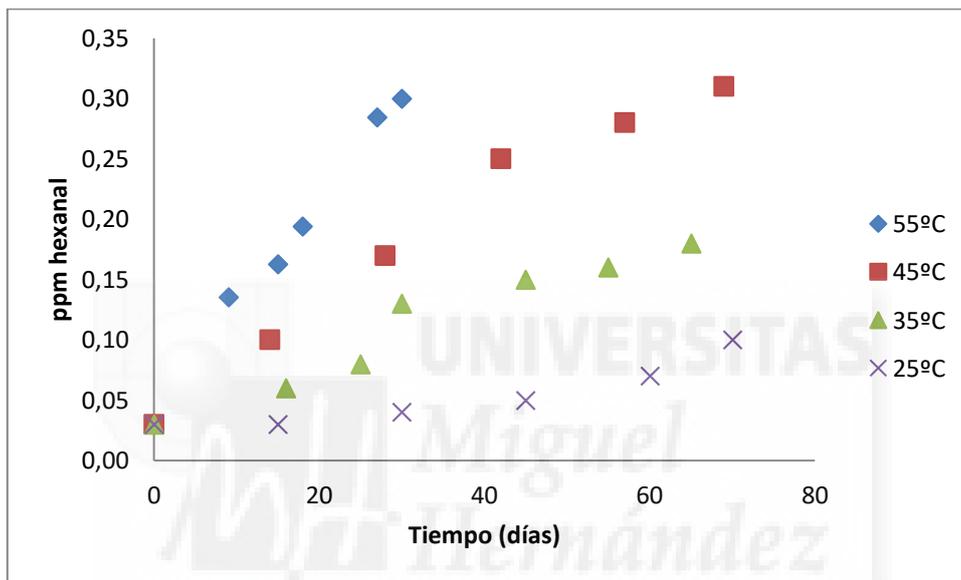


Figura 27. Variación de la concentración de hexanal (ppm) durante el almacenamiento a cada una de las temperaturas estudiadas.

En este gráfico (Figura 27) se muestra una buena regresión de este parámetro, por lo que será útil para la determinación de la vida útil. Una vez alcanzada la concentración de 0,3 ppm de hexanal, el muestreo finalizó debido a la correlación con los valores obtenidos durante el estudio sensorial, evaluando los productos con ese contenido como no comerciales.

4.1.4 Análisis sensorial

Los atributos estudiados en el análisis sensorial descriptivo por parte del panel entrenado fueron: color (utilizando Pantone), olor y sabor a rancio, calabaza ID, crujibilidad y adhesividad. En la Tabla 24, Tabla 25, Tabla 26 y Tabla 27 se muestra la variación de cada uno de estos atributos a las temperaturas estudiadas (25°C, 35°C, 45°C y 55°C, respectivamente). Podemos ver que los Pantone de color, tanto externo como interno no se observó ninguna variación en las cuatro temperaturas estudiadas. Los atributos relacionados con la textura, crujibilidad y adhesividad no presentaron modificaciones durante el almacenamiento.

Tabla 24. Variación atributos sensoriales durante el almacenamiento a 25°C

25°C							
Nº Días reales	Pantone externo	Pantone interno	Olor rancio	Sabor rancio	Calabaza ID	Crujibilidad	Adhesividad
0	371C/378C	614C	0,5	0,1	7,3	5,5	4,8
15	371C/378C	614C	0,5	0,0	7,3	5,5	4,8
30	371C/378C	614C	0,5	0,0	7,2	5,0	4,5
45	371C/378C	614C	0,5	0,0	7,3	5,5	4,8
60	371C/378C	614C	0,5	0,0	7,8	5,5	4,8
70	371C/378C	614C	0,5	0,0	7,2	5,0	4,5

Tabla 25. Variación atributos sensoriales durante el almacenamiento a 35°C

Nº Días reales	35°C						
	Pantone externo	Pantone interno	Olor rancio	Sabor rancio	Calabaza ID	Crujibilidad	Adhesividad
0	371C/378C	614C	0,5	0,1	7,3	5,5	4,8
10	371C/378C	614C	0,6	0,0	7,4	5,3	4,3
16	371C/378C	614C	0,5	0,0	7,8	5,0	4,0
25	371C/378C	614C	1,2	0,0	7,5	5,2	4,3
30	371C/378C	614C	2,8	0,0	7,6	5,0	4,1
45	371C/378C	614C	2,0	0,5	7,5	4,9	3,8
55	371C/378C	614C	2,2	1,2	7,8	5,1	3,6
65	371C/378C	614C	2,5	1,5	6,5	5,3	4,1

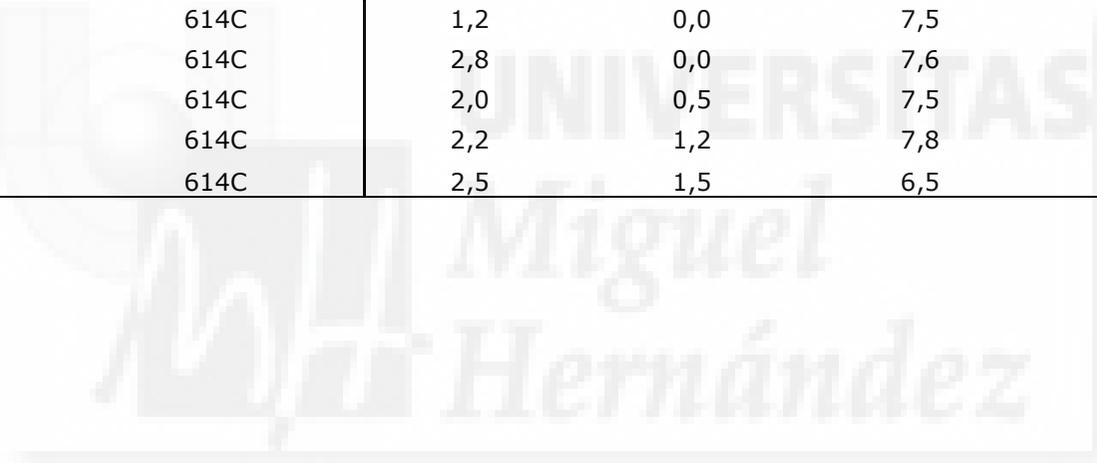


Tabla 26. Variación atributos sensoriales durante el almacenamiento a 45°C

45°C							
Nº Días reales	Pantone externo	Pantone interno	Olor rancio	Sabor rancio	Calabaza ID	Crujibilidad	Adhesividad
0	371C/378C	614C	0,5	0,1	7,2	5,5	4,8
7	371C/378C	614C	0,6	1,2	7,8	5,3	5,4
14	371C/378C	614C	0,5	1,0	7,3	5,5	4,8
21	371C/378C	614C	1,5	1,3	7,2	5,3	5,4
28	371C/378C	614C	2,0	1,4	7,3	5,5	4,8
35	371C/378C	614C	2,5	3,5	6,9	4,5	4,2
42	371C/378C	614C	2,6	4,0	6,7	5,5	3,8
50	371C/378C	614C	3,5	4,2	6,3	6,0	3,5
57	371C/378C	614C	4,5	4,5	5,5	5,5	4,0
69	371C/378C	614C	5,0	5,0	5,0	5,0	4,3

Tabla 27. Variación atributos sensoriales durante el almacenamiento a 55°C.

55°C							
Nº Días reales	Pantone externo	Pantone interno	Olor rancio	Sabor rancio	Calabaza ID	Crujibilidad	Adhesividad
0	371C/378C	614C	0,5	0,1	7,3	5,5	4,75
3	371C/378C	614C	1,0	0,0	7,8	5,4	5,0
6	371C/378C	614C	2,6	0,8	7,3	4,5	5,8
9	378C	616C	3,0	1,5	7,8	5,0	3,6
12	371C/378C	614C	2,6	0,8	7,3	4,5	5,8
15	378C	616C	3,0	1,5	6,5	5,0	3,6
18	371C/378C	616C	4,0	2,5	6,5	5,0	3,6
21	378C	616C	4,1	3,5	6,0	5,0	3,6
24	371C/378C	616C	4,2	4,0	6,0	5,0	4,0
27	378C	616C	4,2	4,5	5,5	5,0	4,2
30	378C	616C	5,0	5,0	5,0	5,0	4,3

Los valores obtenidos de los atributos “Olor a rancio”, “Sabor a rancio” y “Calabaza ID” (sabor a pipa de calabaza) presentaron una variación lineal durante el tiempo de almacenamiento (Tabla 25, Tabla 26 y Tabla 27). Los valores obtenidos de las pipas de calabaza peladas a tiempo 0 fueron de 0,5, 0,1 y 7,3, respectivamente. Los dos primeros atributos tienen una relación directa con el contenido de hexanal, ya que a medida que el alimento sufra una oxidación se va a general hexanal desprendiendo los aromas y sabores a rancio, disminuyendo por tanto los valores de “Calabaza ID”, hasta el punto de no ser comercial ya que el consumidor rechazaría el producto. Los valores obtenidos al final de la vida útil de “Olor a rancio”, “Sabor a rancio” y “Calabaza ID”, fueron 5, 5 y 5, respectivamente.

4.1.5 Test de vida útil pipas de calabaza

De todos los parámetros estudiados que hemos comentado anteriormente, el único parámetro con una regresión lineal adecuada respecto al tiempo y proporcional a las diferentes temperaturas de almacenamiento fue el contenido de hexanal. Para conocer cuál es el punto de corte de este parámetro es necesario el análisis sensorial descriptivo. Tras la valoración por parte del panel entrenado, se determinó que el olor a rancio fue el de mayor importancia para fijar el punto de corte. Hay que tener en cuenta que, como consumidor, inconscientemente seguimos una serie de fases para consumir un alimento: fase visual, fase olfativa y fase gustativa. Si un alimento está en mal estado, alguno de los parámetros de estas fases se modificará siendo el producto rechazado por parte del consumidor. La razón de utilizar un atributo que pertenece a la fase olfativa es que no hay ningún parámetro visual que tenga una buena regresión y por otra parte, aunque los atributos pertenecientes a la fase gustativa como sabor a rancio y sabor a pipa de calabaza también se comportaron con una buena regresión, el consumidor una vez detecte una modificación en la fase olfativa, no pasará a la fase gustativa.

Por tanto, el punto de corte se determinó cuando el contenido de hexanal fue de 0,3 ppm, coincidiendo con un valor en “Olor a rancio” de 5 (en una escala entre 1 y 10 de rancidez) siendo ese producto descrito por parte del panel entrenado de no comercial por riesgo de ser rechazado por parte del consumidor. Por tanto, a

continuación, nos centraremos únicamente en la variación de la concentración de hexanal durante el almacenamiento a las temperaturas estudiadas.

La aparición de olores a rancio para el análisis sensorial es común en productos grasos ya que tienen mucha facilidad para oxidarse, como precedentes de estudio de vida útil en un producto graso tenemos a García. C y Molina M.E. 2008. Quienes hicieron un estudio sobre la vida útil de la mayonesa, determinando el punto de corte mediante el análisis sensorial (olor a rancio) y a partir de éste un parámetro como el índice de peróxidos (indicador de la oxidación de grasas).

En la Figura 28 tenemos representado el contenido de hexanal en función del tiempo a 25°C. Podemos observar cómo tiende a un aumento en la concentración de hexanal, pero su contenido a los 70 días no alcanza los 0,3 ppm.

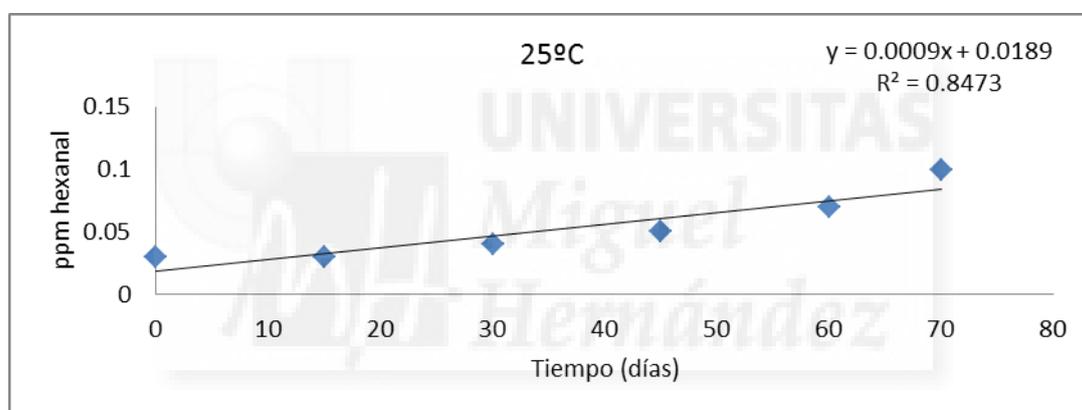


Figura 28. Variación del contenido de hexanal (ppm) durante el tiempo (días) 25°C.

La Figura 29 tenemos representado el contenido de hexanal en función del tiempo y a 35°C. Podemos ver que hay un aumento en la concentración de hexanal respecto al tiempo, pero en este caso al ser mayor la temperatura tenemos un aumento mayor del contenido de hexanal, alcanzando valores aproximados de 0,15 ppm. La pendiente (0,0024) es mayor en este caso respecto a 25°C (0,0009), por lo tanto, la degradación mediante la oxidación es mayor. $Y = 0,0009x + 0,0189$

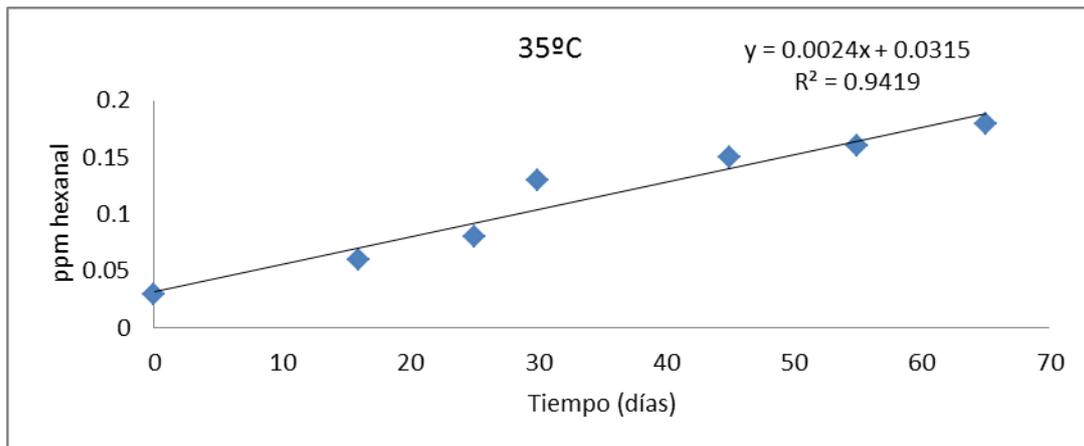


Figura 29. Variación del contenido de hexanal (ppm) durante el tiempo (días) 35°C

En la Figura 30 y Figura 31 tenemos representado el contenido de hexanal en función del tiempo a 45°C y 55°C, respectivamente. Podemos ver que hay un aumento en la concentración de hexanal respecto al tiempo, pero al ser mayor la temperatura tenemos un aumento mayor del contenido de hexanal a medida que la temperatura es mayor. Esto podemos verlo en el aumento del valor de la pendiente, ya que para un mismo tiempo (X) a una temperatura mayor, la pendiente será mayor, por lo tanto, vamos a tener una cantidad de hexanal (Y) mayor. La pendiente a 55°C es de 0,0073, mientras que la pendiente a 45°C es de 0,0041.

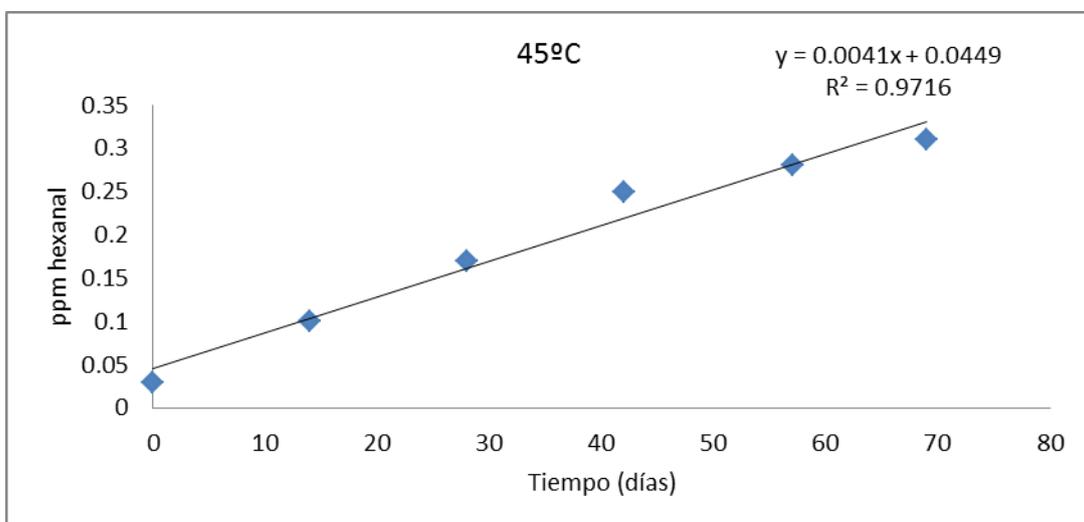


Figura 30. Variación del contenido de hexanal (ppm) durante el tiempo (días) 45°C.

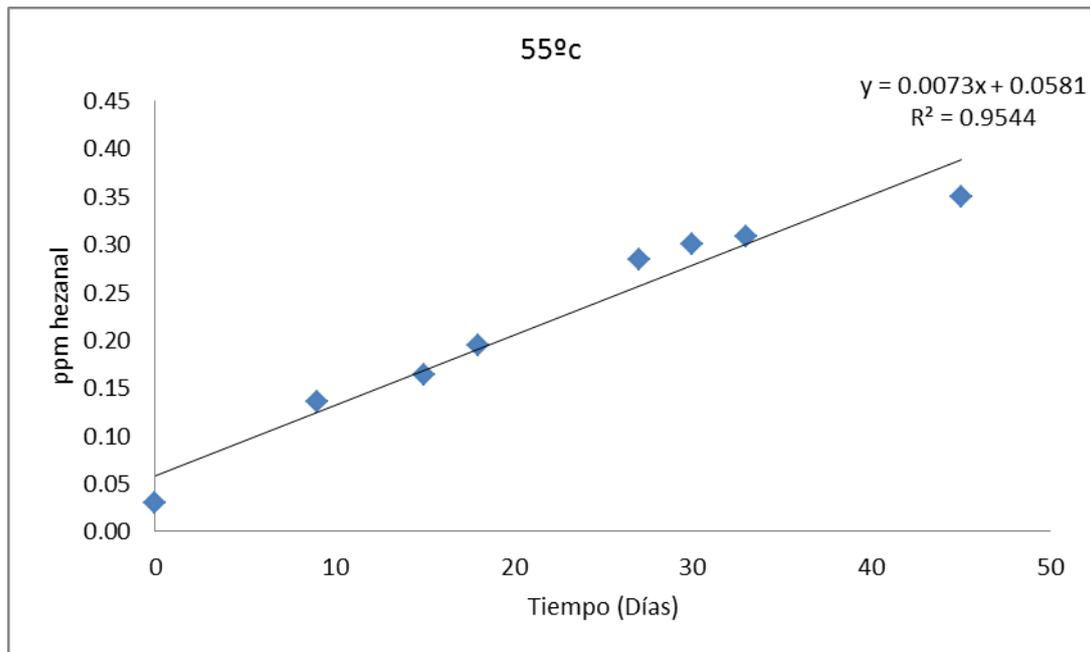


Figura 31. Variación del contenido de hexanal (ppm) durante el tiempo (días) 55°C

4.1.6 Calculo de la vida útil

La vida útil en este estudio se ha determinado mediante degradación cinética empleando el modelo de Arrhenius que describe la relación de la constante de velocidad de reacción con la temperatura según la ecuación (Baldizón y Córdoba, 2008):

Ecuación 3:
$$k = Ae^{(-E_a/RT)}$$

Ecuación 4:
$$Y = b + mx \rightarrow \ln K = \ln(A) - E_a/R (1/T)$$

Donde

K constante de velocidad de reacción,

A factor de frecuencia,

Ea energía de activación,

R constante de los gases ideales,

T temperatura absoluta (K).

Siguiendo este modelo matemático, se puede estimar la vida útil de ambas muestras para diferentes temperaturas de almacenamiento.

Las regresiones lineales obtenidas de estos gráficos (Figura 28, Figura 29, Figura 30 y Figura 31) se presentan a continuación:

Ecuación 5: $Y = 0,0009x + 0,0189$

Ecuación 6: $Y = 0,0024x + 0,0315$

Ecuación 7: $Y = 0,0041x + 0,0189$

Ecuación 8: $Y = 0,0073x + 0,0581$

En la Tabla 28 se observa los valores de m y la b obtenidos de cada una de las regresiones lineales (Ecuación 5, 6, 7 y 8).

Tabla 28. Valores de m y b de las rectas.

	25°C	35°C	45°C	55°C
b	0,0189	0,0315	0,0449	0,0581
m	0,0009	0,0025	0,0041	0,0073

Conociendo los valores de m y b de la recta, podemos despejar el valor de X (tiempo en días) para calcular la vida útil estimada, al sustituir el valor del punto de corte (0,3 ppm en el valor de Y) en las ecuaciones 5, 6, 7 y 8. Las pipas de calabaza peladas incubadas a 25°C, 35°C, 45°C y 55°C tiene una duración hasta llegar al punto de corte de 312 días, 107 días, 62 días y 33 días, respectivamente.

Para el cálculo de la vida útil para cualquier temperatura es necesario realizar un gráfico con el logaritmo de la vida útil a la temperatura. Con la ecuación obtenida se puede estimar la vida útil de las pipas de calabaza a diferentes temperaturas de almacenamiento (Figura 32). Despejando de la ecuación de la recta obtenemos la siguiente fórmula para el cálculo de la vida útil:

Ecuación 9: **Vida útil (días) = $10^{(-0.0316 * T (^{\circ}C) + 3.224)}$**

Podemos estimar una vida útil de las pipas de calabaza peladas sometidas a estudio de 391 días (13 meses) y 272 días (9 meses) a 20 °C y 25 °C, respectivamente.

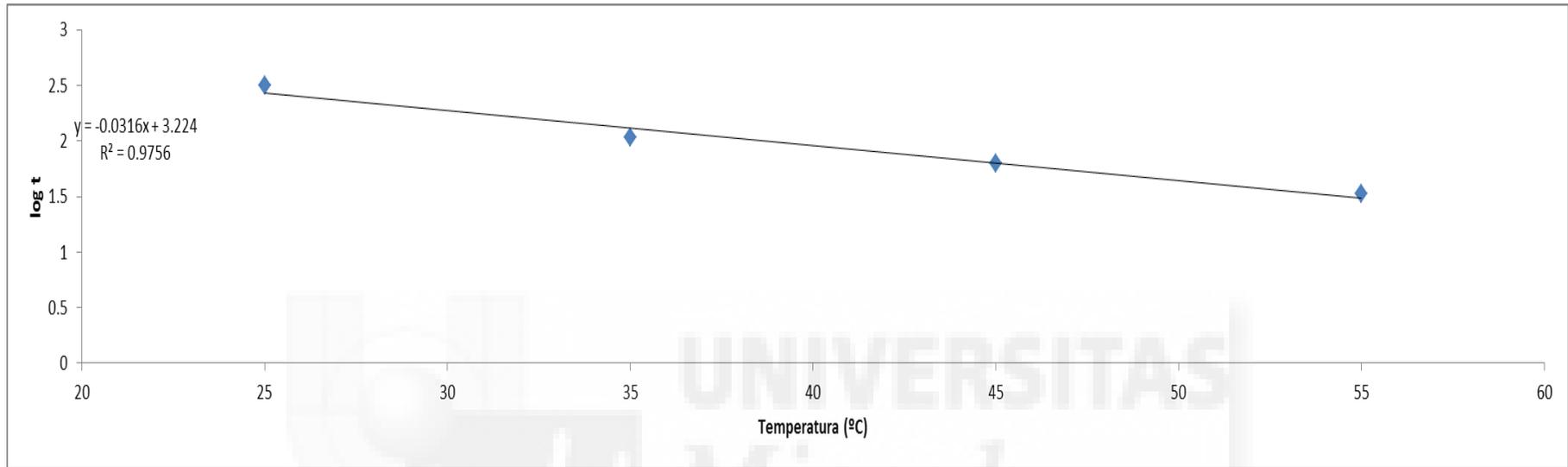


Figura 32. Logaritmo de la vida útil en función de la temperatura.

4.2 QUINOA

4.2.1 Propiedades físico-químicas

Los valores de a_w y de las coordenadas CieLab a las diferentes temperaturas estudiadas (25°C, 35°C, 45°C y 55°C) se muestran en la Tabla 29, Tabla 30, Tabla 31 y Tabla 32, respectivamente.

Tabla 29. Valores de a_w y coordenadas CieLab durante el almacenamiento a 25°C.

25°C				
Nº Días reales	a_w	L	a^*	b^*
0	0,46	88,48	-0,41	12,24
15	0,43	89,54	-0,54	11,95
30	0,39	88,31	-0,48	11,86
45	0,37	88,18	-0,49	12,01
60	0,35	88,34	-0,51	12,03

Tabla 30. Valores de a_w y coordenadas CieLab durante el almacenamiento a 35°C.

Nº Días reales	a_w	L	a^*	b^*
0	0,46	88,48	-0,41	12,24
10	0,42	88,96	-0,68	11,98
20	0,38	88,51	-0,52	11,52
30	0,37	88,63	-0,62	12,65
40	0,38	88,41	-0,54	12,74
50	0,31	87,98	-0,42	12,38
60	0,37	88,02	-0,39	12,64

Tabla 31. Valores de a_w y coordenadas CieLab durante el almacenamiento a 45°C.

45°C				
Nº Días reales	a_w	L	a^*	b^*
0	0,46	88,48	-0,41	12,24
7	0,39	88,34	-0,39	13,18
14	0,37	88,89	-0,54	12,23
21	0,32	90,28	-0,38	12,06
28	0,33	88,62	-0,38	12,59
35	0,30	88,34	-0,41	12,85
42	0,36	88,31	-0,33	12,31
49	0,34	88,51	-0,34	11,99
56	0,32	88,62	-0,39	13,01
63	0,35	88,53	-0,39	12,98

Tabla 32. Valores de a_w y coordenadas CieLab durante el almacenamiento a 55°C.

55°C				
Nº Días reales	a_w	L	a^*	b^*
0	0,46	88,48	-0,41	12,24
3	0,38	88,70	-0,47	11,81
7	0,43	89,61	-0,42	12,56
10	0,42	89,61	-0,45	12,48
14	0,34	88,48	-0,39	12,08
17	0,31	88,70	-0,42	15,62
21	0,33	89,61	-0,49	12,51
24	0,31	89,61	-0,41	11,79
27	0,35	88,48	-0,56	11,85
30	0,38	88,70	-0,49	12,34
33	0,32	88,77	-0,38	12,17
36	0,35	89,61	-0,39	11,96
39	0,37	89,61	-0,43	12,08
42	0,34	89,61	-0,38	12,56
45	0,34	89,61	-0,38	12,59
48	0,36	88,48	-0,34	12,37
52	0,34	88,70	-0,38	12,91

De forma general, podemos ver que los valores de actividad de agua se mantienen constantes con respecto al tiempo, pero tienden a disminuir en las 4 temperaturas, esto puede ser porque las muestras se presentan en envases herméticos por lo que parte del agua se evaporó concentrándose en el espacio de cabeza. Como nos movemos en un rango de actividad de agua de entre 0,3 y 0,46, podemos decir que no van a crecer ni mohos, ni levaduras ni bacterias, las únicas reacciones de degradación que pueden aparecer en las pipas es la oxidación lipídica, el pardeamiento no enzimático y mínimamente pardeamiento enzimático como se puede ver en la figura 2. No es posible la captación de humedad del ambiente debido al envasado. Éste parámetro podría ser un parámetro útil para la vida útil si el envase tuviera la capacidad de tener un intercambio de humedad con el ambiente.

En las coordenadas CieLab no se observó una variación significativa en ninguna de las temperaturas estudiadas durante el almacenamiento.

Debido a lo mencionado anteriormente, las coordenadas a^* , b^* y L^* , y la a_w no fueron parámetros adecuados para determinar la vida útil de la quinoa envasada, su variación no tiene una buena regresión lineal.

4.2.2 Contenido en hexanal

El contenido de hexanal en función del tiempo se muestra en la Tabla 33, Tabla 34, Tabla 35 y Tabla 36, a 25°C, 35°C, 45°C y 55°C, respectivamente.

Tabla 33. Variación del contenido de hexanal (ppm) a 25°C durante el almacenamiento.

25°C	
Nº días reales	Hexanal ppm
0	0,02
15	0,05
30	0,12
45	0,15
60	0,19

Tabla 34. Variación del contenido de hexanal (ppm) a 35°C durante el almacenamiento.

35°C	
Nº días reales	Hexanal ppm
0	0,02
10	-
20	0,13
30	0,18
40	-
50	0,31
60	0,49

Tabla 35. Variación del contenido de hexanal (ppm) a 45°C durante el almacenamiento.

45°C	
Nº Días reales	Parámetro para vida útil
0	0,02
7	0,08
14	0,16
21	0,28
28	0,39
35	0,5
42	0,56
49	0,7
56	0,76
63	0,89

Tabla 36. Variación del contenido de hexanal (ppm) a 55°C durante el almacenamiento.

55°C	
Nº Días reales	Parámetro para vida útil
0	0,02
3	0,06
7	-
10	0,21
14	-
17	-
21	0,56
24	-
27	0,71
30	-
33	-
36	1,03
39	-
42	1,32
45	-
48	-
52	1,65

La concentración de hexanal a tiempo 0 de la quinoa fue de 0,02 ppm. Tras el almacenamiento (60 días) a 25°C, llegó a 0,19 ppm. A 35°C y 45°C durante aproximadamente 60 días la concentración fue de 0,49 ppm y 0,89 ppm, respectivamente. A 55°C, en 52 días se alcanzó una concentración de 1,65 ppm. Podemos observar cómo la concentración presente en las muestras aumentó durante el almacenamiento, siendo este incremento mayor a medida que fue mayor la temperatura (Figura 33). Este comportamiento es lógico ya que, a mayor temperatura, la velocidad de degradación es mayor.

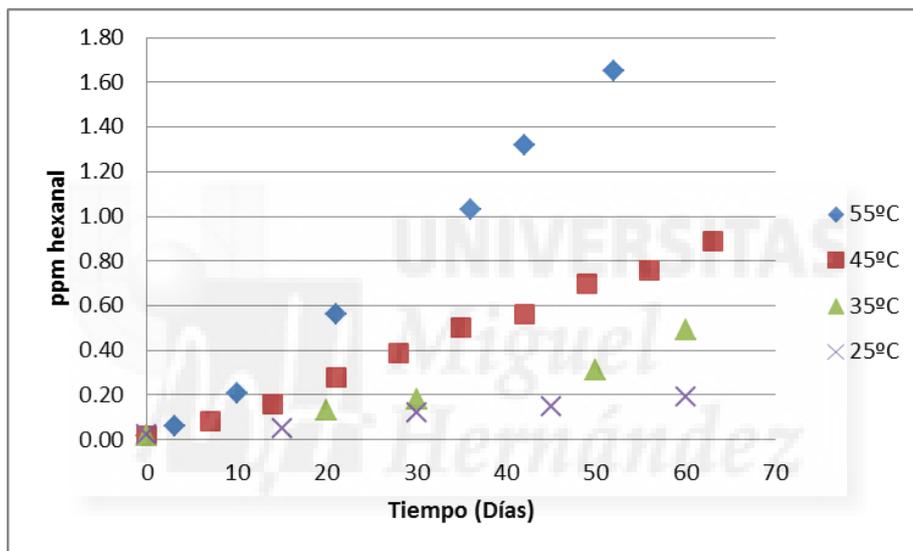


Figura 33. Variación concentración de hexanal (ppm) durante el almacenamiento a cada una de las temperaturas estudiadas.

En este gráfico (Figura 33) se muestra una buena regresión de este parámetro, por lo que será útil para la determinación de la vida útil. Una vez alcanzada la concentración de 0,3 ppm de hexanal, el muestreo finalizó debido a la correlación con los valores obtenidos durante el estudio sensorial, evaluando los productos con ese contenido como no comerciales.

4.2.3 Análisis sensorial

Los atributos estudiados en el análisis sensorial descriptivo por parte del panel entrenado fueron: color (utilizando Pantone) y olor a rancio; no se analizó el sabor de la quinoa porque la forma en la que se consume es cocida. En la Tabla 37, Tabla 38, Tabla 39 y Tabla 40 se muestra la variación de cada uno de estos atributos a las temperaturas estudiadas (25°C, 35°C, 45°C y 55°C, respectivamente). Podemos ver que los Pantone de color, tanto externo como interno no se observó ninguna variación en las cuatro temperaturas estudiadas.

Tabla 37. Variación atributos sensoriales durante el almacenamiento a 25°C

25°C		
Nº días reales	Pantone	Olor rancio
0	155C	0
15	115C	0
30	115C	0
45	115C	0
60	115C	0

Tabla 38. Variación atributos sensoriales durante el almacenamiento a 35°C

35°C		
Nº días reales	Pantone	Olor rancio
0	155C	0
10	155C	0
20	155C	0
30	155C	0
40	115C	0
50	155C	0
60	155C	0

Tabla 39. Variación atributos sensoriales durante el almacenamiento a 45°C

45°C		
Nº Días reales	Pantone	Olor rancio
0	155C	0
7	155C	0
14	115C	0
21	155C	0
28	155C	0
35	155C	0
42	115C	0
49	155C	1
56	155C	1
63	155C	1,4

Tabla 40. Variación atributos sensoriales durante el almacenamiento a 55°C

55°C		
Nº Días reales	Pantone	Olor rancio
0	155C	0
3	155C	0
7	155C	0
10	155C	0
14	155C	0,3
17	155C	0,5
21	155C	0,5
24	155C	0,8
27	155C	1,0
30	155C	1,5
33	155C	1,6
36	155C	1,9
39	155C	2,1
42	155C	2,0
45	155C	2,0
48	155C	2,5
52	155C	2,5

Los valores obtenidos de los atributos “Olor a rancio” presentaron una variación lineal durante el tiempo de almacenamiento (Tabla 39 y Tabla 40). El valor obtenido de quinoa a tiempo 0 fue de 0. El olor a rancio tiene una relación directa con el contenido de hexanal, ya que a medida que el alimento sufra una oxidación se va a generar hexanal desprendiendo los aromas a rancio, hasta el punto de no ser comercial ya que el consumidor rechazaría el producto. Los valores obtenidos al final de la vida útil de “Olor a rancio”, a 45°C de 1,4 y a 55°C de 2,5.

4.2.4 Test de vida útil Quinoa

De los parámetros que hemos visto anteriormente el más adecuado para determinar la vida útil es el contenido de hexanal, ya que es el único parámetro con una regresión lineal adecuada respecto al tiempo y proporcional a las diferentes temperaturas de almacenamiento. Para determinar un punto de corte es necesario el análisis sensorial descriptivo. El panel entrenado determinó que el olor a rancio fue el parámetro sensorial más importante para marcar el punto de corte ya que no hay ningún parámetro visual que tenga una buena regresión. De modo que en las fases del consumo del alimento (fase visual, fase olfativa y fase gustativa), la quinoa se modifica en la fase olfativa, que es la que hará que el consumidor rechace el alimento, de modo que cuando el consumidor abra la bolsa de quinoa puede ver que tiene buen aspecto (fase visual), pero en la fase olfativa tiene olor a rancio, de modo que no pasará a la fase gustativa. Su hubiera habido una modificación en el color que implicara que el consumidor rechazara el producto, sería el color el que determina el punto de corte para la vida útil, ya que el consumidor no llegaría a la fase olfativa.

Por tanto, el punto de corte se determinó fue aquel tiempo en el que el contenido de hexanal superaba los 1,5 ppm (mg/kg) en el caso de las muestras de quinoa (coincidiendo con un valor de 2,5 en una escala entre 1 y 10 de olor a rancio por parte del panel de cata, catalogando el producto como no comercial), por tanto, a continuación, nos centraremos únicamente en la variación de la concentración de hexanal durante el almacenamiento a las temperaturas estudiadas.

En este caso como en las pipas de calabaza son alimentos con alto porcentaje ácidos grasos poliinsaturados de modo que también podríamos aplicar como precedente a este estudio el realizado por García. C y Molina M.E. 2008. Ya que cómo se ha explicado anteriormente hicieron un estudio sobre la vida útil de la mayonesa, determinando el punto de corte mediante el análisis sensorial (olor a rancio) y a partir de éste un parámetro como el índice de peróxidos (indicador de la oxidación de grasas).

En la Figura 34 tenemos representado el contenido de hexanal en función del tiempo a 25°C. Podemos observar cómo tiende a un aumento en la concentración de hexanal, pero su contenido a los 60 días no alcanza los 1,5 ppm.

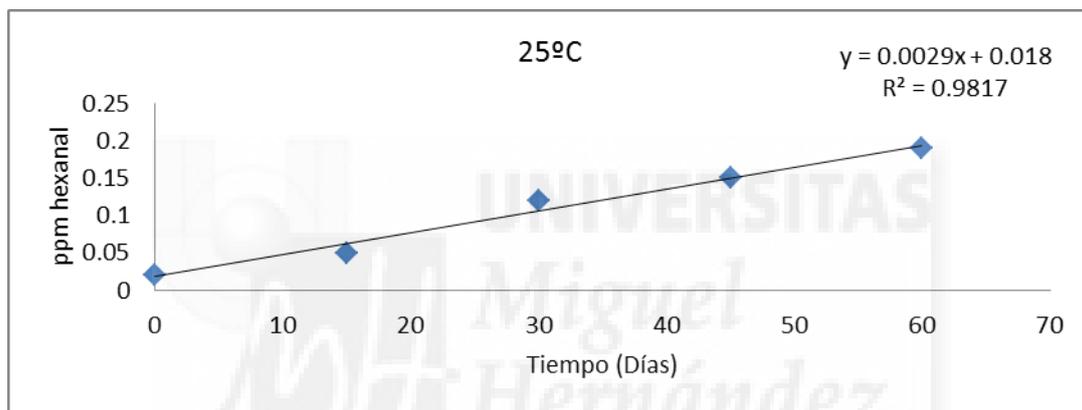


Figura 34. Variación del contenido de hexanal (ppm) durante el tiempo (días) 25°C

La Figura 35 tenemos representado el contenido de hexanal en función del tiempo y a 35°C. Podemos ver que hay un aumento en la concentración de hexanal respecto al tiempo, pero en este caso al ser mayor la temperatura tenemos un aumento mayor del contenido de hexanal, alcanzando valores aproximados de 0,49 ppm. La pendiente (0,0074) es mayor en este caso respecto a 25°C (0,0029), por lo tanto, la degradación mediante la oxidación es mayor. $Y = 0,0029x + 0,018$ (ecuación 25°C).

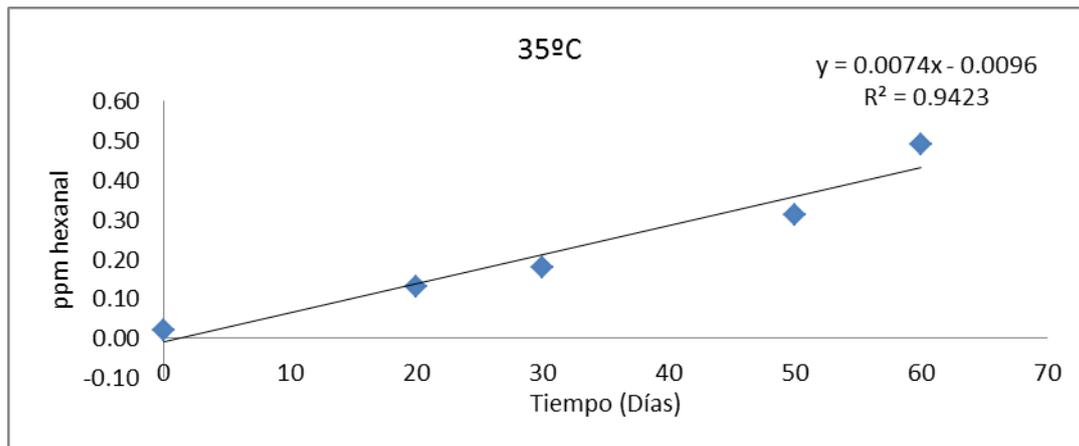


Figura 35. Variación del contenido de hexanal (ppm) durante el tiempo (días) 35°C

En la Figura 36 y Figura 37 tenemos representado el contenido de hexanal en función del tiempo a 45°C y 55°C, respectivamente. Podemos ver que hay un aumento en la concentración de hexanal respecto al tiempo, pero al ser mayor la temperatura tenemos un aumento mayor del contenido de hexanal a medida que la temperatura es mayor. Esto podemos verlo en el aumento del valor de la pendiente, ya que para un mismo tiempo (X) a una temperatura mayor, la pendiente será mayor, por lo tanto, vamos a tener una cantidad de hexanal (Y) mayor. La pendiente a 55°C es de 0,0327, mientras que la pendiente a 45°C es de 0,0141.

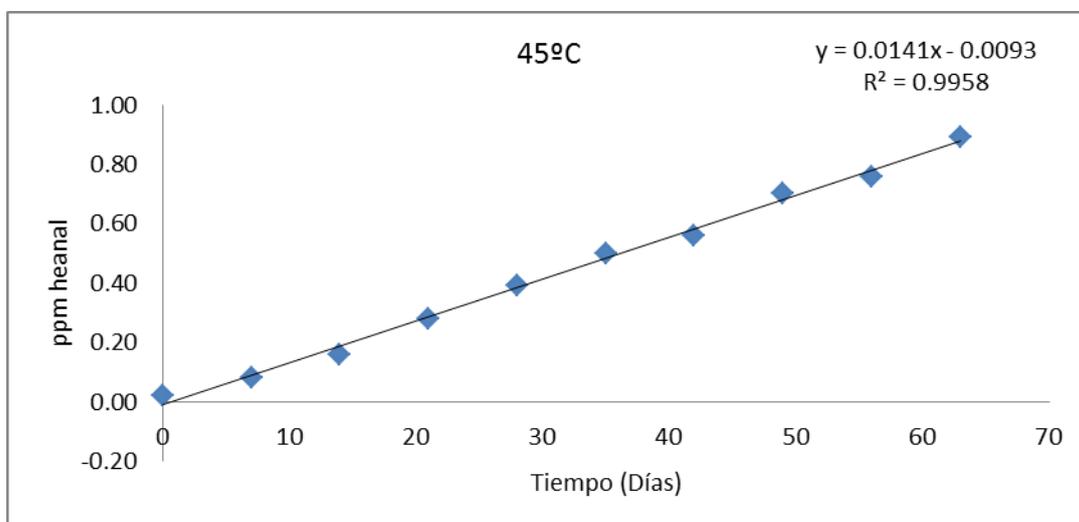


Figura 36. Variación del contenido de hexanal (ppm) durante el tiempo (días) 45°C.

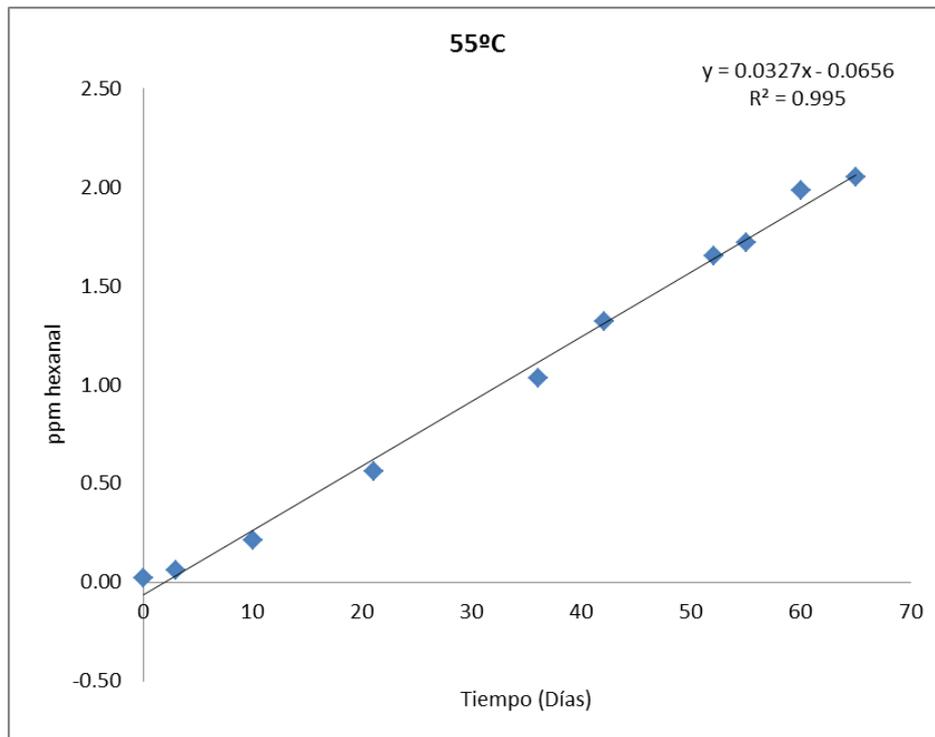


Figura 37. Variación del contenido de hexanal (ppm) durante el tiempo (días) 55°C

4.2.5 Calculo de la vida útil

La vida útil en este estudio se ha determinado mediante degradación cinética empleando el modelo de Arrhenius que describe la relación de la constante de velocidad de reacción con la temperatura según la ecuación (Baldizón y Córdoba, 2008):

Ecuación 3: $k = Ae^{(-E_a/RT)}$

Ecuación 4: $Y = b + mx \rightarrow \ln K = \ln(A) - E_a/R (1/T)$

Donde

K constante de velocidad de reacción,

A factor de frecuencia,

Ea energía de activación,

R constante de los gases ideales,

T temperatura absoluta (K).

Siguiendo este modelo matemático, se puede estimar la vida útil de ambas muestras para diferentes temperaturas de almacenamiento.

Las regresiones lineales obtenidas de estos gráficos (Figura 34, Figura 35, Figura 36 y Figura 37) se presentan a continuación:

Ecuación 10: $y = 0,0029X - 0,0180$

Ecuación 11: $y = 0,0074X - 0,0096$

Ecuación 12: $y = 0,0141X - 0,0093$

Ecuación 13: $y = 0,0327X - 0,0656$

En la Tabla 41 se observa los valores de m y la b obtenidos de cada una de las regresiones lineales (Ecuación 10, 11, 12 y 13)

Tabla 41. Valores de m y b de las rectas.

	25°C	35°C	45°C	55°C
b	0,018	0,0093	0,0931	0,0817
m	0,0029	0,0141	0,0172	0,034

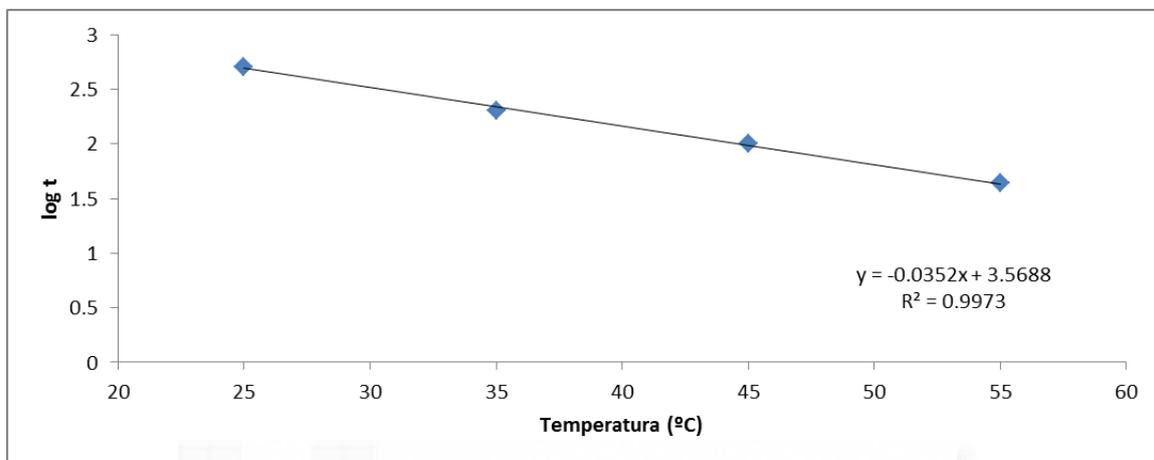
Conociendo los valores de m y b de la recta, podemos despejar el valor de X (tiempo en días) para calcular la vida útil estimada, al sustituir el valor del punto de corte (1,5 ppm en el valor de Y) en las ecuaciones 10, 11, 12 y 13. Las quinoa incubadas a 25°C, 35°C 45°C y 55°C tiene una hasta llegar al punto de corte de 511 días, 201 días, 100 días y 43 días, respectivamente.

Para el cálculo de la vida útil para cualquier temperatura es necesario realizar un gráfico con el logaritmo de la vida útil a la temperatura. Con la ecuación obtenida se puede estimar la vida útil de quinoa a diferentes temperaturas de almacenamiento (Figura 38). Despejando de la ecuación de la recta obtenemos la siguiente fórmula para el cálculo de la vida útil:

Ecuación 14: **Vida útil (días) = $10^{(-0.0352 * T(^{\circ}C) + 3.5688)}$**

Podemos estimar una vida útil de quinoa sometidas a estudio de 732 días (24 meses) y 488 días (16 meses) a 20°C y 25°C, respectivamente.

Figura 38. Logaritmo de la vida útil en función de la temperatura.



5 CONCLUSIONES

Las conclusiones del estudio han sido las siguientes:

- Se determinó que el contenido de hexanal es el parámetro apropiado para determinar la vida útil en pipas de calabaza y quinoa.
- Con los tiempos y las temperaturas estudiadas se obtuvo una ecuación general para estimar la vida útil de las pipas de calabaza para diferentes temperaturas de almacenamiento; esta ecuación está descrita por:

$$\text{Vida útil (días)} = 10^{(-0.0316 * T (^{\circ}\text{C}) + 3.224)}$$

- Con los tiempos y las temperaturas estudiadas se obtuvo una ecuación general para estimar la vida útil de la quinoa para diferentes temperaturas de almacenamiento; esta ecuación está descrita por:

$$\text{Vida útil (días)} = 10^{(-0.0352 * T (^{\circ}\text{C}) + 3.5688)}$$

- Se establecieron los puntos en que las pipas de calabaza y quinoa eran inaceptables para el consumidor guiándonos en el reglamento n°178/2008, artículo 14, apartado 5, por el que se tendrá en cuenta que si un alimento está deteriorado no es apto para consumo.
- En función de los resultados obtenidos, podemos estimar una vida útil de la quinoa sometida a estudio es de 488 días, siempre y cuando la temperatura de conservación no supere los 25°C.
- En función de los resultados obtenidos, podemos estimar una vida útil de las pipas de calabaza peladas sometidas a estudio es de 272 días, siempre y cuando la temperatura de conservación no supere los 25 °C.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Araneda. M, Hough. G, Wittig. E. 2007. current-status survival analysis methodology applied to estimating sensory shelf life of ready-to-eat lettuce (*lactuca sativa*). Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. *Journal of sensory studies*. 162-170.
- Bejarano. A, Silva. A. 2010. Estabilidad del helado de crema de leche. Escuela politécnica superior del litoral. Trabajo fin de grado.
- Bourne. M. 1982. Effect of Temperature on Firmness of Raw Fruits and Vegetables. *Food science*. 438-444.
- Casp. A, Abril. J. 1999. Procesos de conservación de alimentos. Editorial: MP. 38-40.
- Fernández-López. J. 2000. Aspectos físicos, fisiológicos, psicológicos, químicos e instrumentales para la determinación de color de alimentos. *Universidad Miguel Hernández*.
- García. C, Chacón. G, Molina. M. 2011. Evaluación de la vida útil de una pasta de tomate mediante pruebas aceleradas por temperatura. *Revista de la Universidad de Costa Rica*.
- García. C, Molina. M.E. 2008. Estimación de la vida útil de una mayonesa mediante pruebas aceleradas. *Revista de la Universidad de Costa Rica*.
- Garitta. L, Hough. G, Sánchez. R. 2004. Sensory Shelf Life of Dulce de Leche. *American Dairy Science Association*. Instituto Superior Experimental de Tecnología Alimentaria, Buenos Aires, Argentina.
- Giménez. A, Ares.G, Gámbaro. A. 2007. Survival analysis to estimate sensory shelf life using acceptability scores. *Sensory studies*. Universidad de Uruguay, Montevideo.
- Hernando. R. 2005. Determinación de aldehídos volátiles en aceites comestibles, por micro extracción en fase sólida en el modo headspace. Laboratorio de

cromatografía, *CIBIMOL*. Trabajo fin de grado. Dir: Stashenko. E. Universidad industrial de Santander.

Labuza. T. P, Dugan. L. R. 1982. Kinetics of lipid oxidation in foods. *Food Science & Nutrition*. 355-405.

Labuza. T.P, Schmid. M.K. 1985. Accelerated shelf-life testing of foods. *Food technology*.

Labuza. T.P, Katz. E.E. 1981. Effect of water activity on the sensory crispness and mechanical deformation of snack food products. *Food science*. 403-409.

Lewis. M.J. 1993. Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. *Acribia*.

Ordoñez. J.A, Cambero. I, Cabeza M.C. 2007. Higienización de alimentos listos para su consumo (RTE) mediante radiaciones ionizantes. Trabajo fin de grado. Universidad complutense de Madrid.

Pascual. M, Calderón. V. 1999. Microbiología alimentaria: Metodología analítica para alimentos y bebidas. Editorial: Diaz de Santos.

Potter. N. (1978). La ciencia de los alimentos (2a ed.). México D.F: Edutex S.A.

Reglamento (CE) n° 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo. Sección 4. Art.14, punto 5.

Ross. Y. H. 2003. Water activity: principles and measurement. Encyclopedia of Food Science and Nutrition (Caballero. B, editor)- 6089-6094. *Elsevier*.

Serna. L. 2014. Estudios de vida útil de diversos productos de panadería. *Alimenka del instituto de ciencia y tecnología de los alimentos*. 21-25.

Vial-Brotons. D, Gimeno. V, Fito-Maupoe. P, Tarrazo-Morell. J. 1986. La actividad del agua en alimentos. Alimentación Equipos y Tecnología, septiembre-octubre, 37-46.)