



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE QUÍMICA**

**ESTIMACIÓN DE VIDA ÚTIL EN DOS SISTEMAS  
MODELO DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA**

**TESINA**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**QUÍMICA DE ALIMENTOS**

**PRESENTA**

Diana Suárez Hernández



**CIUDAD DE MÉXICO, 2018.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:**           **PROFESOR: QFB. Bertha Julieta Sandoval Guillén**

**VOCAL:**                   **PROFESOR: QFB. Juan Manuel Díaz Álvarez**

**SECRETARIO:**           **PROFESOR: M. EN C. Argelia Sánchez Chinchillas**

**1er. SUPLENTE:**       **PROFESOR: QA. Jesús Antonio Beaz Rivera**

**2º SUPLENTE:**         **PROFESOR: QA. Adriana Vega Pérez**

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

Planta piloto de empresa privada y Facultad de Química, UNAM.

**ASESOR DEL TEMA:**

Bertha Julieta Sandoval Guillén \_\_\_\_\_

**SUSTENTANTE (S):**

Suárez Hernández Diana \_\_\_\_\_

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS PARTICULARES .....</b>	<b>3</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO 1. GENERALIDADES .....</b>	<b>5</b>
1.1 <i>JELLIES</i> .....	6
1.1.1 <i>Ingredientes y funcionalidad</i> .....	7
1.1.2 <i>Proceso de elaboración</i> .....	7
1.1.3 <i>Química del proceso y de los ingredientes</i> .....	8
1.1.4 <i>Características físicas y sensoriales</i> .....	11
1.1.5 <i>Defectos</i> .....	13
1.2 CAMELO DURO .....	13
1.2.1 <i>Ingredientes y funcionalidad</i> .....	13
1.2.2 <i>Proceso de elaboración</i> .....	14
1.2.3 <i>Química del proceso y de los ingredientes</i> .....	14
1.2.4 <i>Características físicas y sensoriales</i> .....	17
1.2.5 <i>Defectos</i> .....	17
<b>CAPÍTULO 2. DETERMINACIÓN DE VIDA DE ANAQUEL EN CAMELOS</b> <b>.....</b>	<b>19</b>
2.1 TIPOS DE PRUEBAS.....	20
2.2 PARÁMETROS DETERMINANTES DE LA VIDA DE ANAQUEL DE CAMELOS .....	21
2.2.1 <i>Parámetros fisicoquímicos</i> .....	21
2.2.2 <i>Parámetros sensoriales</i> .....	32
2.2.3 <i>Parámetros microbiológicos</i> .....	37
2.3 FACTORES DE RIESGO EN LA VIDA DE ANAQUEL DE CAMELOS .....	39
2.3.1 <i>Composición del caramelo</i> .....	39

2.3.2 Estructura y temperatura de transición vítrea .....	40
2.3.3 Envase y empaque.....	42
2.3.4 Condiciones de almacenamiento .....	43
2.3.5 Humedad relativa .....	44
2.3.6 Migración de aromas y sabores.....	45

### **CAPÍTULO 3. DETERMINACIÓN DE VIDA DE ANAQUEL EN SISTEMAS**

<b>MODELO .....</b>	<b>46</b>
3.1 <i>JELLIES</i> .....	47
3.1.1 <i>Humedad</i> .....	47
3.1.2 <i>Actividad de agua (<math>a_w</math>)</i> .....	52
3.1.3 <i>Análisis sensorial</i> .....	57
3.2 <i>CARAMELO DURO</i> .....	62
3.2.1 <i>Análisis sensorial</i> .....	62
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>69</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>79</b>

## INTRODUCCIÓN

La determinación de vida de anaquel en productos de confitería representa un problema para la industria, a pesar de que éstos son generalmente estables y tienen una vida relativamente larga (Subramaniam, 2011). La ventaja que presentan se debe a la alta concentración de azúcar utilizada para su elaboración, disminuyendo así, el riesgo por deterioro microbiológico, de tal manera que los cambios físicos y químicos, que ocasionan pérdida de sabor, textura, color u olor del producto, son las principales causas de rechazo por parte de los consumidores. Además, se ha encontrado en diversos estudios que la estabilidad puede ser prevista por la actividad de agua ( $a_w$ ) (Subramaniam, 2011) y de acuerdo con Groves (1995), un parámetro menor a 0.75 no representa un peligro ante un desarrollo microbiológico, siendo tal el caso de los sistemas evaluados en el presente trabajo.

Las pruebas para determinar la vida de anaquel varían de producto en producto, a pesar de tratarse de matrices alimenticias muy similares. Este trabajo se enfoca en dos grupos de la confitería del azúcar, por un lado, se analizarán caramelos de bajo contenido de humedad (caramelo macizo, duro o de alto punto de ebullición) y por otro, caramelos de alto contenido de humedad (dulces de bajo punto de ebullición, dulces suaves o masticables), sin considerarse los productos aireados o batidos (Cakebread, 1980).

Se proponen algunas pruebas fisicoquímicas que pudieran ser útiles para la determinación de la vida de anaquel de *jellies* y a su vez el análisis de estas sugerencias, las cuales incluyen la determinación del contenido de humedad, actividad de agua y evaluación sensorial de diferentes formulaciones almacenadas a distintas condiciones de humedad relativa. Mientras que, para caramelo duro, se propone una evaluación sensorial para analizar los cambios del producto, esto debido a su naturaleza sencilla en composición, pero

compleja en comportamiento, en donde se evalúa el efecto de una cámara húmeda sobre un producto almacenado con y sin envoltura de celofán.

La estabilidad de los productos se verá afectada en los atributos sensoriales evaluados a lo largo del almacenamiento debido a su composición química y el proceso llevado a cabo para la elaboración de cada uno.

## **Objetivo general**

Estudiar la estabilidad de dos sistemas modelos de confitería (*jellies* y caramelo duro) para ofrecer una metodología simplificada de estimación de la vida de anaquel de estos productos.

## **Objetivos particulares**

Evaluar los parámetros sensoriales y fisicoquímicos que aporten información sobre la estabilidad de un sistema *jelly* con el fin de establecer su vida útil en diferentes condiciones de almacenamiento.

Identificar los atributos sensoriales en distintas condiciones de almacenamiento en función del envase para establecer la vida útil de un sistema de caramelo duro.



## **Planteamiento del problema**

A pesar de tratarse de productos con vida de anaquel relativamente larga, en confitería, como en cualquier otro alimento, se requiere distribuir con una fecha de caducidad determinada en el envase. Sin embargo, en México no existe una base de datos en donde pueda consultarse una metodología para la determinación de vida de anaquel, lo que generalmente se hace es una consulta bibliográfica, al igual que una serie de observaciones empíricas con base en las características del producto ideal e incluso, un diseño de experimentos que incluya determinaciones fisicoquímicas que indiquen el deterioro del producto a lo largo del almacenamiento.

En este estudio se busca ofrecer las pruebas óptimas, en cuestiones de tiempo e información útil otorgada, para establecer una metodología que facilite la determinación de vida de anaquel en dos tipos de caramelo, suave de tipo *jellies* y de caramelo duro.

## CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

La confitería del azúcar se divide en tres tipos: confitería del chocolate, de la harina y del azúcar. La primera, como su nombre lo dice, se basa en productos elaborados a base de chocolate. La segunda, cubre los productos elaborados con harina, desde aquellos con vida de anaquel corta, hasta aquellos con vida de anaquel larga. El resto de los productos, son los de la confitería del azúcar (Edwards, 2000) y ésta posee a su vez, una gran variedad, entre los cuales están el mazapán, la goma de mascar, los caramelos duros y suaves, los *nougats*, los algodones de azúcar, el *fondant*, los *fudges*, los chiclosos, los comprimidos, entre otros, de los cuales sólo se abordarán dos tipos en este trabajo de investigación.

En general, la confitería del azúcar comparte dos principales ingredientes, siendo estos sacarosa y jarabe de glucosa (Bender, 2009). Ambos proporcionan características peculiares que determinarán la vida de anaquel de los sistemas modelos.

Por un lado, los caramelos suaves (de alto contenido de humedad) se clasifican en dos tipos, graneado o no, los primeros se refieren a productos obtenidos a partir de soluciones sobresaturadas de azúcar, los cuales poseen una estructura cristalina. Por su parte, los caramelos suaves no graneados parten de soluciones de azúcar insaturadas (mayor proporción de jarabe de glucosa que de sacarosa), hallándose aquí las *jellies* o gomitas cuya característica principal es la presencia de un agente gelificante como lo es la grenetina o el almidón de maíz modificado para otorgarle elasticidad (Díaz y Garduño, 1978; Bedolla et al., 2004). La presencia de estos agentes gelificantes proporciona diferentes texturas y apariencia en los dulces (Subramaniam, 2011).

Por otro lado, los caramelos duros (de bajo contenido de humedad) son soluciones de azúcar altamente sobresaturadas (por ebullición) y sobrefriadas tal que, generan una viscosidad tan alta que le es conferido un estado casi vítreo. La estabilidad del caramelo se relaciona con su temperatura

de transición vítrea ( $T_g$ ), la cual está prefijada por los tipos de edulcorantes utilizados y el contenido de agua. El caramelo duro se encuentra en un estado amorfo estable, siempre y cuando la temperatura de almacenamiento sea menor a la  $T_g$ , de lo contrario, se producirá un estado vítreo estable causando textura pegajosa y graneado para dar fin a la vida de anaquel (Ergun et al., 2010; Hartel et al., 2010).

### 1.1 *Jellies*

El caramelo suave o de alto contenido de humedad se divide en dos tipos (ver tabla 1.1), entre ellos se encuentran las gomitas o *jellies*, que presentan como característica principal la presencia de un agente gelificante como lo es la grenetina, la cual genera una textura suave y masticable en el caramelo final.

Tabla 1.1 Clasificación de caramelo suave.

<b>Subgrupo</b>	<b>Denominación</b>	<b>Características</b>
<b>No graneado</b>	Gomas o <i>jellies</i> y jaleas	Azúcares mezclados con un agente gelificante, obtenidos por moldeo.
	Caramelo suave	Mezcla equilibrada de azúcares y jarabe de glucosa, cocinados que logran su textura debido a la adición de alguna grasa.
<b>Graneado</b>	Crema de <i>fondant</i>	Mezcla de azúcares ricos en sacarosa. Hervido hasta la saturación y enfriado con agitación.
	<i>Fudge</i>	Mezcla de caramelo suave y fondant, es ligeramente sobresaturada y es obtenida por agitación.

(Díaz y Garduño, 1980).

### 1.1.1 Ingredientes y funcionalidad

En la tabla 1.2 se enlistan los ingredientes utilizados en orden de importancia para la elaboración de gomitas o *jellies*, de los cuales se establecen su funcionalidad en el proceso y en el producto final.

Tabla 1.2 Ingredientes y su funcionalidad en las gomitas.

<b>Ingredientes</b>	<b>Funcionalidad</b>
Sacarosa	Sabor dulce, aumentar la temperatura de transición vítrea y proporcionar dureza.
Jarabe de glucosa	Retardar y controlar la cristalización de la sacarosa, proporcionar cuerpo y dulzura a partir de la presencia de las cadenas de dextrinas y maltodextrinas, las cuales evitan la total evaporación del agua presente.
Grenetina/ almidón de maíz modificado	Agente gelificante, da estructura.
Agua	Medio de dispersión.
Colorantes	Mejorar el aspecto del caramelo.
Saborizantes	Ofrece variedad de experiencia sensorial.
Acidulantes	Mantener el pH constante del caramelo.

(Adaptación de García, 1992).

### 1.1.2 Proceso de elaboración

Las *jellies* son conocidas en el mundo de la confitería por presentar un agente gelificante en su composición (Edwards, 2000). Estos productos son elaborados a partir de un moldeado en almidón de maíz seco, en donde se depositan las impresiones con la mezcla de caramelo caliente (azúcar, jarabe de glucosa y agente gelificante), el cual es enfriado (Edwards, 2000; Ergun et al., 2010). La funcionalidad del almidón es absorber la humedad del caramelo y crear una costra en la superficie de las *jellies* durante el secado, ésta previene la deformación del caramelo cuando es removido del almidón (Lees, 1979). El secado puede variar de 24-72 horas y tal proceso depende del caramelo y la humedad final deseada (Sudharsan et al., 2004).

### 1.1.3 Química del proceso y de los ingredientes

#### 1.1.3.1 Jarabe de glucosa

En la tabla 1.3 se muestran los valores de saturación de la mezcla sacarosa: jarabe de glucosa, tales valores descienden a medida que se aumenta la cantidad de sacarosa en la mezcla.

Tabla 1.3 Valores de saturación de sacarosa y jarabe de glucosa 40-42°DE\* en condiciones de 20 °C a 760 mm Hg.

% de la mezcla		Punto de saturación
Sacarosa	Jarabe de glucosa	
100	00	67.1
95	05	67.7
90	10	68.3
85	15	69.0
80	20	69.7
75	25	70.5
70	30	71.5
65	35	72.5
60	40	73.6
55	45	74.7
50	50	75.8
45	55	77.0
40	60	78.4
35	65	79.8
30	70	81.8
25	75	84.3

\* DE: equivalentes de dextrosa.

(Klacik, 1993).

La funcionalidad e importancia del jarabe de glucosa presente en la formulación de productos de confitería viene dado por la presencia de cadenas de dextrinas y maltodextrinas. La química del proceso está directamente relacionada con la saturación de las soluciones debido a la sacarosa, dicho ingrediente es soluble en el jarabe de glucosa, lo cual eleva el punto de ebullición de la mezcla, por lo que es necesario utilizar altas temperaturas para lograr la evaporación del agua y alcanzar las propiedades de textura final de los productos (García, 1992; Klacik, 1993).

### 1.1.3.2 Otras sustancias

En diversos productos de confitería, el uso de otras sustancias, como es el caso de sólidos de la leche, edulcorantes, grasa y agentes gelificantes, pueden modificar el punto de ebullición de la sacarosa y, por lo tanto, la apariencia y textura del caramelo (Bedolla et al., 2004).

En la amplia gama que involucra a los estabilizantes se encuentran los espesantes y gelificantes, estos últimos forman geles, creando un aumento en la viscosidad y formando suspensiones (Elmadfa et al., 2011). Dichos ingredientes difieren en su utilización con base en lo que se desea lograr. La grenetina, por ejemplo, agente gelificante, está definida por la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos (2015) como un producto obtenido por la hidrólisis parcial de colágeno derivado de piel, tejido conectivo blanco y huesos de animales. Algunas de las propiedades de la grenetina, en la industria alimentaria, son:

- Agente texturizante
- Aglutinante
- Retención de agua
- Viscosidad
- Formación de geles
- Estabilizante

Su mecanismo de gelificación se lleva a cabo en tres etapas: primero un reordenamiento de las cadenas moleculares individuales en disposición helicoidal seguida de una asociación de dos o tres segmentos ordenados para formar cristales y finalmente una estabilización de la estructura por la unión lateral de átomos de hidrógeno entre las cadenas que están dentro de las regiones helicoidales (Glicksman, 1969; Gareis y Schrieber, 2007).

Por otro lado, es importante mencionar la adición de colorantes, acidulantes y saborizantes en la formulación de caramelos. Los colorantes, se utilizan para mejorar el aspecto de los alimentos. Los motivos por los que se elige un colorante son variables, en la industria confitera lo que determina su elección es su solubilidad, para caramelos deben ser hidrosolubles, además de presentar estabilidad ante el calor, principalmente. Otro aditivo imprescindible en la elaboración de confites son los acidulantes, su principal función es la conservación de algunas matrices alimenticias; sin embargo, en los caramelos se utiliza como una variación de sabor (potencia sabores frutales). El trabajo de estos aditivos es aumentar la acidez (disminuyendo el pH), otra función es como regulador de pH en conjunto con una base conjugada. Los acidulantes y reguladores de pH más utilizados en caramelos son: ácido málico hallado en diversas frutas; ácido cítrico; obtenido a partir de la fermentación de medios ricos en azúcares a partir del metabolismo de *Aspergillus niger*; y el ácido tartárico que se obtiene del crémor tártaro (bitartrato de potasio) hallado durante la elaboración del vino (Elmadfa et al., 2011). Finalmente, existe una gama diversa de saborizantes, sus usos se extienden a otorgar una saborización total en el producto final y al igual que los colorantes, se catalogan en diversas clases, como se muestra en la tabla 1.4.

Tabla 1.4 Clasificación de saborizantes alimenticios.

Clasificación		Ejemplos	
Notas	Frutales	Cítricos, tropicales, rojos, secos, etc.	
	Tradicionales	Vainilla, chocolate, café, etc.	
	Refrescantes	Menta, yerbabuena, eucalipto, etc.	
	Lácteos	Crema, leche, cajeta, etc.	
Componentes	Naturales	Aceites esenciales	Mentol, eucalipto, benzaldehído, etc.
		Oleorresinas	De capsaicinas, de lúpulo entre otras.
		Esencias	Menta, herbal, etc.
	Artificiales o sintéticos	Acetato de vainillina (vainilla), polilimoneno (madera), octil butirato (frutal cremoso), etc.	

(CFR, 2017).

### 1.1.3.3 Recubrimiento glaseado

Algunos caramelos suaves son cubiertos ya sea con cristales de azúcar o agentes de glaseado con el objetivo de protegerlos ante los efectos de la humedad del ambiente a su alrededor, lo que ocasionaría que el producto se aglomere durante el almacenamiento (Subramaniam, 2011).

### 1.1.4 Características físicas y sensoriales

Los agentes gelificantes en la formulación de gomitas y *jellies* ocasionan diversos atributos. La principal diferencia entre estos productos se relaciona al contenido de humedad y al equilibrio a la humedad relativa, ambos son mayores en las *jellies*. Además, el tipo de gelificante utilizado determinará las propiedades físicas del caramelo suave (Subramaniam, 2011). En la tabla 1.5 se muestra la textura, porcentaje de humedad y la humedad relativa al equilibrio (HRE) de gomitas y *jellies* sin recubrimiento de azúcar con el uso de diversos agentes gelificantes.



Tabla 1.5 Efecto del uso de diferentes agentes gelificantes en la textura, porcentaje de humedad y equilibrio a la humedad relativa de gomitas y *jellies* sin recubrimiento de azúcar.

<b>Producto</b>	<b>Textura</b>	<b>Contenido de humedad (%)</b>	<b>HR al equilibrio (%) a 25 °C.</b>
<i>Jelly</i> de pectina	Quebradiza, suave	17.0	67
<i>Jelly</i> de agar	Quebradiza, gomosa, suave	18.0	70
<i>Jelly</i> de pectina/almidón	Ligeramente masticable, suave	14.5	62
<i>Jelly</i> de almidón	Masticable, suave	15.0	60
Goma de grenetina	Masticable, firme	15.0	58
Goma de goma arábica	Dura, masticable	12.5	58
Goma de almidón/grenetina	Masticable, dura	13.5	60

(Subramaniam, 2011).

De acuerdo con Subramaniam, Ergun et al. y Hartel et al., en la evaluación de gomitas identifican algunos atributos de textura con el fin de encontrar el perfil sensorial y calificar el comportamiento de los agentes gelificantes en productos de confitería, algunos atributos encontrados son:

- ✓ Pegajosa: el grado en el cual la muestra se adhiere a los dientes y a su envoltura
- ✓ Gomosidad: textura de una goma flexible, cohesiva y suave
- ✓ Masticabilidad: esfuerzo requerido para romper la muestra
- ✓ Tenacidad: propiedad en la cual la muestra recupera su forma inicial
- ✓ Cohesividad: capacidad de resistencia a la separación

Por último, en un estudio realizado para evaluar la relación de la textura con la microestructura de diversas *jellies*, se encontró que la presencia de grenetina proporciona tenacidad al masticar el caramelo a comparación con otros agentes gelificantes (Subramaniam, 2011).

#### **1.1.5 Defectos**

El principal cambio descrito en la literatura es la modificación de la textura; se asocia a un aumento de dureza, como formación de una superficie rígida, debido a la pérdida de humedad; o bien, ablandamiento como resultado de la absorción de humedad bajo condiciones de humedad relativa alta (Eeles et al., 2002).

La tendencia general de *jellies*, elaboradas con grenetina, indica que conforme aumenta el nivel de humedad en el ambiente y por ende en el caramelo, el producto se vuelve más pegajoso, dicho comportamiento tiene que ver que la microestructura formada debido al agente gelificante. Aquellos productos elaborados con grenetina y almidón de maíz modificado demostraron una experiencia dura al masticarse por primera vez y a lo largo de la evaluación, además de presentar tendencia a la ruptura (Subramaniam, 2011).

### **1.2 Caramelo duro**

El caramelo duro es una solución saturada de sacarosa en agua sometida a altas temperaturas de ebullición o cocimiento (150-166 °C) provocando así la evaporación del agua, de manera que se forma una estructura vítrea amorfa al ser enfriada (Wolf, 2016).

#### **1.2.1 Ingredientes y funcionalidad**

En la tabla 1.6 se enlistan los ingredientes utilizados, en orden de importancia para la elaboración de caramelo duro, de los cuales se establecen su funcionalidad en el proceso y en el producto final.

Tabla 1.6 Ingredientes generales y su funcionalidad en el caramelo macizo.

<b>Ingrediente</b>	<b>Funcionalidad</b>
Sacarosa	Sabor dulce y estructura, aumentar la temperatura de transición vítrea.
Jarabe de glucosa	Retardar y controlar la cristalización de la sacarosa, proporcionar cuerpo y dulzura a partir de la presencia de las cadenas de dextrinas y maltodextrinas, las cuales evitan la total evaporación del agua presente.
Agua	Disolver la sacarosa.
Colorantes	Mejorar el aspecto del caramelo.
Saborizantes	Ofrece variedad de experiencia sensorial.
Acidulantes	Mantener el pH constante del caramelo.

(Adaptación de García, 1992).

### 1.2.2 Proceso de elaboración

La elaboración de caramelo duro se basa en la evaporación del agua presente para la formación de una solución sobresaturada que luego, al ser enfriada, forma una estructura amorfa de apariencia vítrea. De acuerdo con Edwards (2000), el proceso se inicia con una cocción de la mezcla de sacarosa y agua a 67 °Bx más jarabe de maíz hidrolizado de 42 DE (*dextrose equivalent*; equivalentes de dextrosa) a aproximadamente 140 °C y 12 psi (*pounds per square inch*; libras por pulgada cuadrada). Posteriormente, se añaden los acidulantes, colorantes y saborizantes a un intervalo de temperatura de 108-115 °C, se procede al estirado o amasado hasta obtener una estructura firme que permita el troquelado del caramelo, y una vez enfriado a 30 °C, finalmente es envuelto.

### 1.2.3 Química del proceso y de los ingredientes

#### 1.2.3.1 Sacarosa

La sacarosa es un carbohidrato no reductor cuyas propiedades químicas se deben a los monosacáridos que lo componen, glucosa y fructosa. Dicho

compuesto puede ser hidrolizado y formar una mezcla de los dos azúcares, los cuales presentan características muy distintas entre sí, tal reacción es irreversible y puede originar características indeseables en el caramelo duro (Barnett, 1990).

La granulometría de la sacarosa juega un papel importante en el tiempo de preparación de las soluciones, en la elaboración de caramelo macizo, es necesario que el jarabe formado por sacarosa y jarabe de glucosa fluya fácilmente y no presente variaciones en el tamaño de partícula, de tal manera la viscosidad se vería afectada, al igual que la distribución de color, sabor, acidez y apariencia (presencia de burbujas) en el producto final (James, 1990).

### **1.2.3.2 Jarabe de glucosa**

De acuerdo con la Norma del CODEX para los azúcares, se describe al jarabe de glucosa como una solución acuosa concentrada y purificada de sacáridos nutritivos obtenidos del almidón y/o la inulina. El jarabe de glucosa tiene un contenido equivalente de dextrosa de no menos del 20% m/m (expresado como D-glucosa sobre peso seco), y un contenido total de sólidos de no menos del 70% (CODEX STAN 212-1999).

Las principales características por las cuales se utiliza el jarabe de glucosa en la industria confitera son:

- \* Capacidad de aumentar la solubilidad de la mezcla sacarosa- jarabe de glucosa.
- \* Evita la cristalización de azúcares debido a la viscosidad, dado una plasticidad al producto final.
- \* Reduce la higroscopicidad.
- \* Es más barato que el azúcar invertido o la sacarosa, de esta manera disminuye el costo del producto total.

Los efectos del jarabe de glucosa como ingrediente en la calidad final de un caramelo duro se muestran en la tabla 1.7.

Tabla 1.7 Calidad del caramelo de acuerdo con diferentes proporciones de jarabe de glucosa-sacarosa.

<b>Formulación</b>		<b>Efecto</b>	
% de jarabe de glucosa	% de sacarosa	Calidad	Vida de anaquel
0	100	Baja	Corta
20	80	Media	Media-corta
30	70	Media alta	Media
40	60	Alta	Media-larga
50	50	Muy alta	Larga

(Barnett, 1990).

### 1.2.3.3 Agua

La solución acuosa de sacarosa representa una de las propiedades coligativas más conocidas y estudiadas. Dependiendo de la concentración de azúcar en la solución, se provocará directamente el aumento de la temperatura de ebullición, de manera que, cada mol de sacarosa/ litro de agua aumenta el punto de ebullición en 0.52 °C. Por esto, a medida que se evapora el agua de una solución de sacarosa, la temperatura de ebullición aumenta y continúa haciéndolo hasta que toda el agua se haya evaporado a 160 °C (temperatura de fusión de la sacarosa), generando un líquido claro de apariencia vítrea y estructuralmente sólido. La diferencia entre un producto amorfo y uno cristalino es, en el primer caso, se trata de azúcar en solución que no se encuentra como cristal, en el segundo caso, la sacarosa se encuentra cristalizada (Bedolla et al., 2004).

Es necesario, en el proceso de elaboración de caramelo macizo, que se lleve a cabo la disolución de la sacarosa en agua previo a la cocción, tal punto de control en el proceso determinará el mantenimiento de la apariencia amorfa en el caramelo final (Bedolla et al., 2004).

#### **1.2.4 Características físicas y sensoriales**

El aspecto vítreo de un caramelo duro es la principal característica descrita para estos productos, esto da lugar a la textura de tipo dura y frágil del caramelo (Subramaniam, 2011). Las características sensoriales en los caramelos de bajo contenido de humedad esperadas son ausencia de sensación pegajosa ni graneado, ambos debidos a la absorción de humedad a condiciones normales de almacenamiento. Además se espera que el producto no se adhiera a la envoltura (Subramaniam, 2011).

#### **1.2.5 Defectos**

Durante la elaboración de caramelos, existe un punto de máximo control, el cual se refiere al cocimiento, en el cual se puede dar inicio a una inversión de la sacarosa no controlada, lo cual repercute en una considerable decoloración, además de elevación de la higroscopicidad del producto, las situaciones que pueden dar lugar a estos defectos son (Barnett, 1990):

- \* Residuos ácidos presentes en las ollas de cocimiento.
- \* Descenso anormal del pH de la mezcla sacarosa- jarabe de glucosa.
- \* Tiempo de cocción prolongado.

Conservar el aspecto cristalino del producto, como atributo sensorial, depende de diferentes factores durante el proceso (Barnett, 1990):

- \* Disolución de los cristales de azúcar o sacarosa.
- \* Evitar las oscilaciones de temperatura durante la cocción.
- \* Reducción de la humedad residual en el producto (0-3.5%).

El graneado es uno de los defectos menos deseados en el caramelo, este se conoce como una desestabilización de la estructura amorfa generando así la pérdida del aspecto cristalino. Algunos factores que determinan el graneado (Subramaniam, 2011):

- \* Balance incorrecto de sacarosa: jarabe de glucosa.
- \* Humedad en el caramelo elevada.
- \* Presencia de semilla de cristalización en cocedores.
- \* Almacenamiento en condiciones de humedad relativa y temperatura elevada.

Un alto contenido de agua puede llevar a un graneado o desarrollar una textura pegajosa, suave y además pérdida de sabores (Ergun et al., 2010).

La susceptibilidad al graneado puede ser reducida disminuyendo la cantidad de azúcar invertida producida durante el cocimiento. Se sugiere el uso de jarabe de glucosa con un nivel de equivalentes de dextrosa bajo, o bien el uso de jarabe de maltosa para incrementar la viscosidad de la mezcla y de tal manera mejorar la estabilidad contra el graneado (Groves, 1982). Al igual que un cuidado durante el manejo de los productos, mantener la temperatura y la humedad bajas en el área de empaquetado puede mejorar la vida de anaquel de estos productos (Subramaniam, 2011).

## **CAPÍTULO 2. DETERMINACIÓN DE VIDA DE ANAQUEL EN CAMELOS**

Los productos de confitería, así como las diversas matrices alimenticias presentan una serie de cambios físicos y químicos que comprometen su estabilidad durante su almacenamiento, es por esto que es importante conocer su vida de anaquel, la cual se define como:

“El periodo en el que un alimento, almacenado bajo ciertas condiciones, conserva sus características químicas, físicas y microbiológicas, funcionales y sensoriales, de tal forma que el alimento es aceptable por el consumidor y la legislación vigente, y su consumo es considerado como seguro” (Man, 2004).

De manera que, la vida de anaquel de muchos productos alimenticios es determinada por los cambios en sus características físicas, químicas y sensoriales que aparecen y, por lo tanto, comprometen la inocuidad del producto (Lawless y Heyman, 2010).

La vida útil de un alimento se soporta en el diseño de experimentos que ayudan a cuantificar parámetros que se relacionan con las reacciones de deterioro (Povea, 2014). En confitería, desde el endurecimiento de *jellies* hasta el graneado en caramelos duros, la humedad juega un rol crítico en la determinación de la calidad de su vida útil. El agua es importante en la fabricación de caramelos, a partir de su evaporación, y también en la textura final de estos productos. De manera que, si bien, el conocimiento del contenido de agua es insuficiente para controlar la estabilidad y vida de anaquel de éstos, también es posible entendiendo la actividad de agua como parámetro de control de su estabilidad. Otro criterio importante es la barrera entre el alimento y el medio a su alrededor, es decir, el envase, éste determinará la migración de humedad del caramelo al medio que lo rodea (Ergun et al., 2010).



## 2.1 Tipos de pruebas

Es un requerimiento que las pruebas de vida de anaquel tomen en cuenta los diferentes escenarios a los que se pueden enfrentar el alimento durante su almacenamiento. Es necesario, por lo tanto, entender los factores clave que afectan la vida de útil del producto (Torrieri, 2016). En la tabla 2.1 se mencionan algunos ejemplos de las metodologías para determinar la vida útil de un alimento, las cuales varían entre productos.

Tabla 2.1 Metodologías utilizadas para la determinación de vida útil en alimentos.

<b>Prueba</b>	<b>Metodología</b>
<b>Estudio bibliográfico</b>	Se obtiene a partir de un producto análogo previamente publicado en la literatura o basándose en la información provista por las compañías productoras.
<b>Tiempo de recambio</b>	Se trata de un tiempo promedio en el que un producto permanece en los anaqueles comerciales, se estima haciendo un registro de las ventas en tiendas de autoservicio, sólo se estima la vida de anaquel mínima requerida asumiendo que es aceptable.
<b>Estudio de punto final</b>	Dicha prueba se basa en la recolección de muestras al azar, las cuales fueron expuestas a condiciones reales de estiba, tránsito y ambientales, en éstas se realizan pruebas de laboratorio para estimar su calidad.
<b>Pruebas de envejecimiento acelerado</b>	Se llevan a cabo en laboratorios especializados que provean las condiciones ambientales controladas para producir un deterioro más rápido en el producto que el que tendría normalmente. Tales cambios se miden suponiendo los principios de cinética química.

(Adap. Manual de Laboratorio de Alimentos II, 2017)

Los resultados obtenidos durante las pruebas de almacenamiento acelerado pueden ser extrapolados para obtener la vida de anaquel estimada para el

producto almacenado bajo condiciones normales. Mientras que, algunas de éstas aceleran el proceso de la prueba, los productos se deterioran de diferentes maneras, entre ellos de forma química (oxidación de lípidos), física (migración de humedad, de sabores, etc.) y cambios relacionados con la temperatura (formación de cristales, derretimiento de alimentos, desestabilización de emulsiones, etc.). De manera que, los mecanismos que conducen a cambios durante el almacenamiento deben ser entendidos con el fin de determinar los factores de aceleramiento correctos a utilizar. Además, estos factores pueden causar cambios en la calidad del producto que normalmente no ocurren bajo condiciones normales. Por lo que, ante cada producto y cada prueba, se tienen ventajas y limitaciones (Corrigan et al., 2012).

## **2.2 Parámetros determinantes de la vida de anaquel de caramelos**

### **2.2.1 Parámetros fisicoquímicos**

#### **2.2.1.1 Determinación de actividad de agua**

La definición química de actividad de agua es la relación entre la presión de vapor del alimento con respecto a la presión de vapor del agua pura (Nielsen, 2003; de Man, 1999). Sin embargo, termodinámicamente, la actividad de agua es la relación de potenciales químicos, frecuentemente simplificados como una relación de fugacidades, la del agua en el alimento con respecto a la del agua pura a presión y temperatura constantes; en dónde se entiende como fugacidad a una "tendencia de escapar", indicando de tal manera que, existe una habilidad de que las moléculas de agua escapen del alimento (Ergun et al., 2010).

La actividad de agua es entonces, una propiedad coligativa basada en el número y tamaño de las moléculas disueltas en agua está principalmente influenciada por la presencia de azúcares disueltos, otros endulzantes, sales y humectantes en caramelos. Ha sido utilizado por varios años para caracterizar propiedades fisicoquímicas y estabilidad microbiana en alimentos. Está

ampliamente aceptado que el crecimiento microbiano está directamente relacionado al  $a_w$  (ver tabla 2.2). Para el caso de los productos de confitería, la actividad de agua (ver tabla 2.3) generalmente está por debajo de los valores críticos para el crecimiento microbiano, con pocas excepciones de productos. De esta manera, dar por terminada la vida de anaquel de un producto de tipo confite, no es un problema debido al crecimiento microbiano (ver Figura 2.1).

Tabla 2.2 Crecimiento de microorganismos dependiendo de la actividad de agua ( $a_w$ ).

<b>Intervalo de <math>a_w</math></b>	<b>Microorganismos que pueden crecer</b>	<b>Confites</b>
>0.88	Patógenos y diversas levaduras	Ganache, fondant muy suave
0.80-0.88	Mohos, algunas levaduras	Fondant suave, <b>jellies suaves</b>
0.70-0.80	Mohos, levaduras	Fondant, fudge, <b>jellies</b> , nougats graneados, malvavisco
0.60-0.70	Levaduras osmofílicas, algunos mohos	Fudge, fondant, <b>jellies duras</b> , nougat, caramelo suave
<0.60	Ninguno	<b>Caramelo duro</b> , toffee, <b>jellies</b> , gomas, chocolate.

(Beuchat, 1981; Fontana, 2006; Minifie, 1999).

Tabla 2.3 Intervalo de contenido de agua y actividad de agua en confites.

<b>Categoría</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>a<sub>w</sub></b>
Caramelo duro	<b>2-5</b>	<b>0.25-0.40</b>
<i>Fudge, toffee</i>	6-18	0.45-0.60
Caramelos chiclosos	6-10	0.45-0.60
Nougat	5-10	0.40-0.65
Malvavisco	12-20	0.60-0.75
Gomas y <i>jellies</i>	<b>8-22</b>	<b>0.50-0.75</b>
Mermeladas	30-40	0.80-0.85
Fondant	10-18	0.65-0.80
Goma de mascar	3-6	0.40-0.65
Tabletas y comprimidos	0-1	0.40-0.75

Adaptación de Bussiere y Serpelloni, 1985.

El fin de la vida de anaquel debido a la pérdida o ganancia de humedad, con cambios subsecuentes en textura y otras propiedades, es frecuentemente el problema principal en estos productos, por esta razón, entender la actividad de agua es importante para controlar en la vida de anaquel y estabilidad de los caramelos (Ergun et al., 2010). De acuerdo con la figura 2.1, el deterioro de los alimentos dependerá de la actividad de agua, arriba de 0.7 se acelerarán las reacciones de deterioro por actividad microbiana (hongos, levaduras y bacterias), mientras que debajo de 0.7, el deterioro ocurre debido a oxidación de lípidos, actividad enzimática y oscurecimiento no enzimático (Labuza et al., 1976).

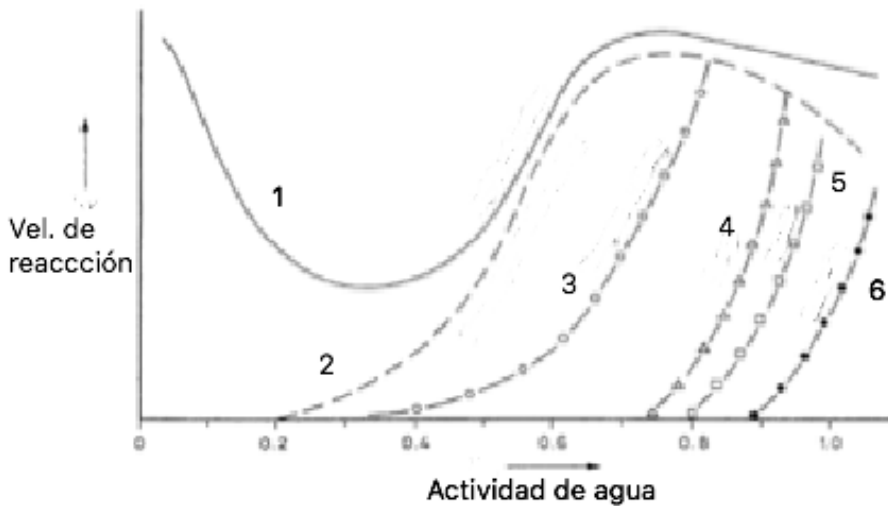


Figura 2.1 Diagrama de estabilidad de los alimentos en almacenamiento en función de la actividad de agua (1 oxidación de lípidos, 2 oscurecimiento no enzimático, 3 actividad enzimática, 4 hongos, 5 levaduras y 6 bacterias) (Fuente: Adap. Labuza et al., 1976).

Los métodos que han sido desarrollados para determinar la actividad de agua en confites se crearon, como muchos otros, con la idea de ser adecuados, reproducibles, sensibles, rápidos, portátiles, utilizables y de bajo precio (Ergun et al., 2010). La preparación apropiada de la muestra es un parámetro crítico para obtener una medida adecuada, particularmente porque algunas matrices alimenticias ganan o pierden humedad del ambiente fácilmente. Generalmente, se disminuye el tamaño de partícula de la muestra para exponer la superficie interior y llegar a un equilibrio rápidamente. Sin embargo, la preparación de algunos confites, como lo es el caramelo duro, bajo condiciones de humedad altas puede llevar a determinaciones inadecuadas.

En la figura 2.2 se mencionan los métodos más utilizados para la determinación de actividad de agua en productos de confitería, el tipo de determinación y ejemplos de las ventajas y desventajas de cada uno.

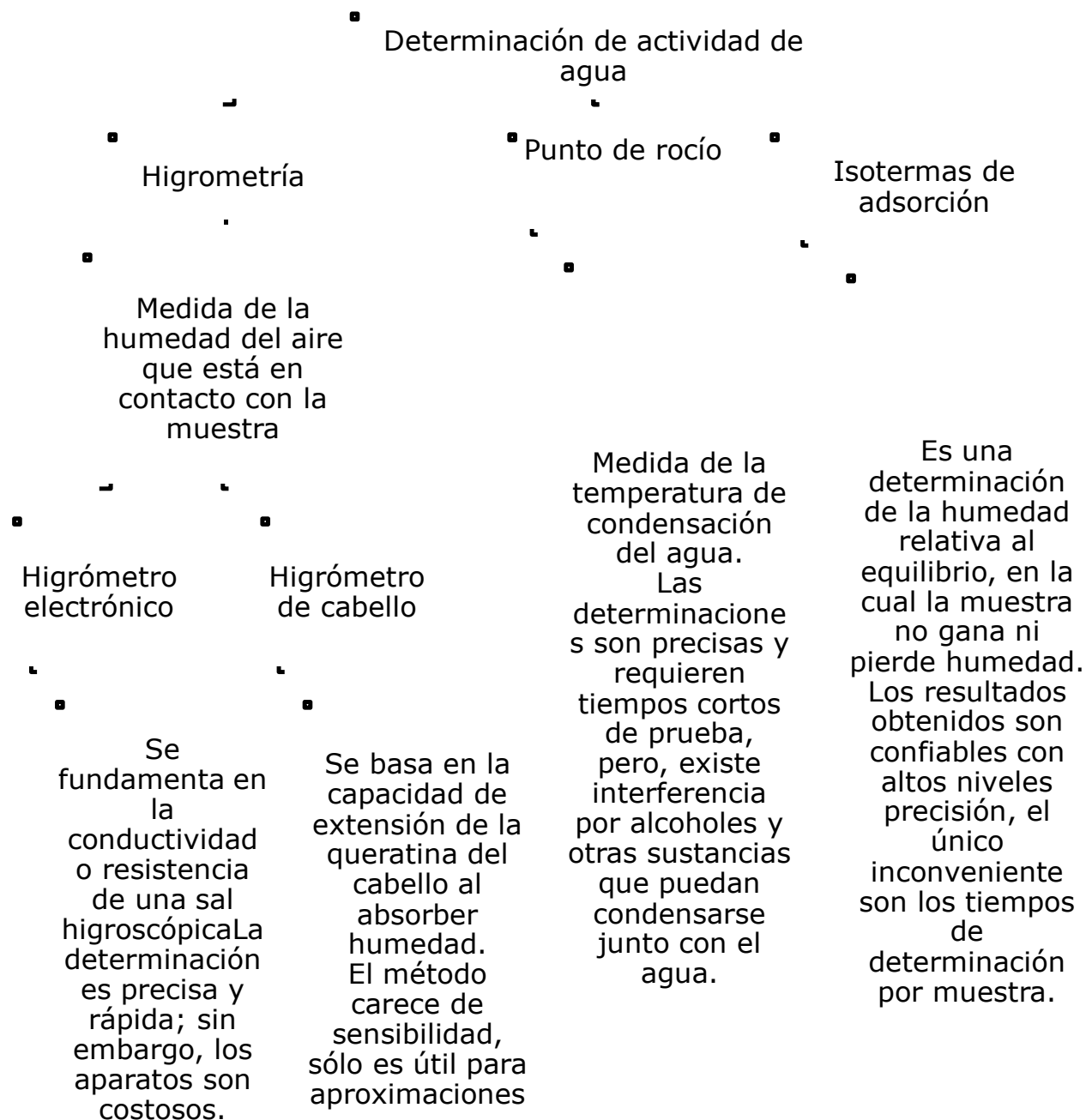


Figura 2.2 Métodos utilizados para la determinación de actividad de agua en confitería. (Adap. D'Alton, 1969; Ergun et al., 2010; Kilara, 1981; Labuza et al., 1976; Sloan y Labuza, 1975, 1976; Smith, 1965; Troller y Christian, 1978; y Von Elbe, 1986).

Por último, en confitería, una diferencia en actividad de agua entre dos componentes llevará a una migración de humedad hasta que los dos componentes hayan logrado aproximadamente la misma. La migración de humedad ocurre para mitigar la diferencia termodinámica hasta que el equilibrio (potenciales químicos iguales) sea alcanzado (Ergun et al., 2010). En este punto, ocurre un equilibrio de humedad entre el confite y el aire circundante. Típicamente, la humedad relativa al equilibrio (HRE) o la humedad relativa a la cual el caramelo ni pierde ni gana agua del aire es utilizada para predecir la actividad de agua. La HRE está dada como 100 veces el  $a_w$  (Nielsen, 2003). De esta manera, si los alrededores poseen una Humedad Relativa diferente a la del producto, entonces éste ganará o perderá humedad para lograr un equilibrio con el aire (Ergun et al., 2010).

#### **2.2.1.2 Determinación de humedad**

Se entiende como humedad de un alimento a la cantidad de agua presente, su remoción en los alimentos depende del estado en el que se encuentre. Los tres estados del agua en los productos alimenticios son (Bradley, 2010).:

- Agua libre: el agua mantiene sus propiedades físicas y, por lo tanto, actúa como medio dispersante para coloides y como disolvente para sales.
- Agua ligada: esta agua está embebida en los alimentos y adsorbida sobre la superficie.
- Agua de hidratación: está ligada químicamente a algún compuesto.

Numerosos métodos han sido utilizados para medir la cantidad de agua en alimentos de manera simple (métodos de secado) hasta más sofisticados (análisis espectroscópicos). En la industria confitera se utilizan los presentados en la figura 2.3 (Beard, 2001).

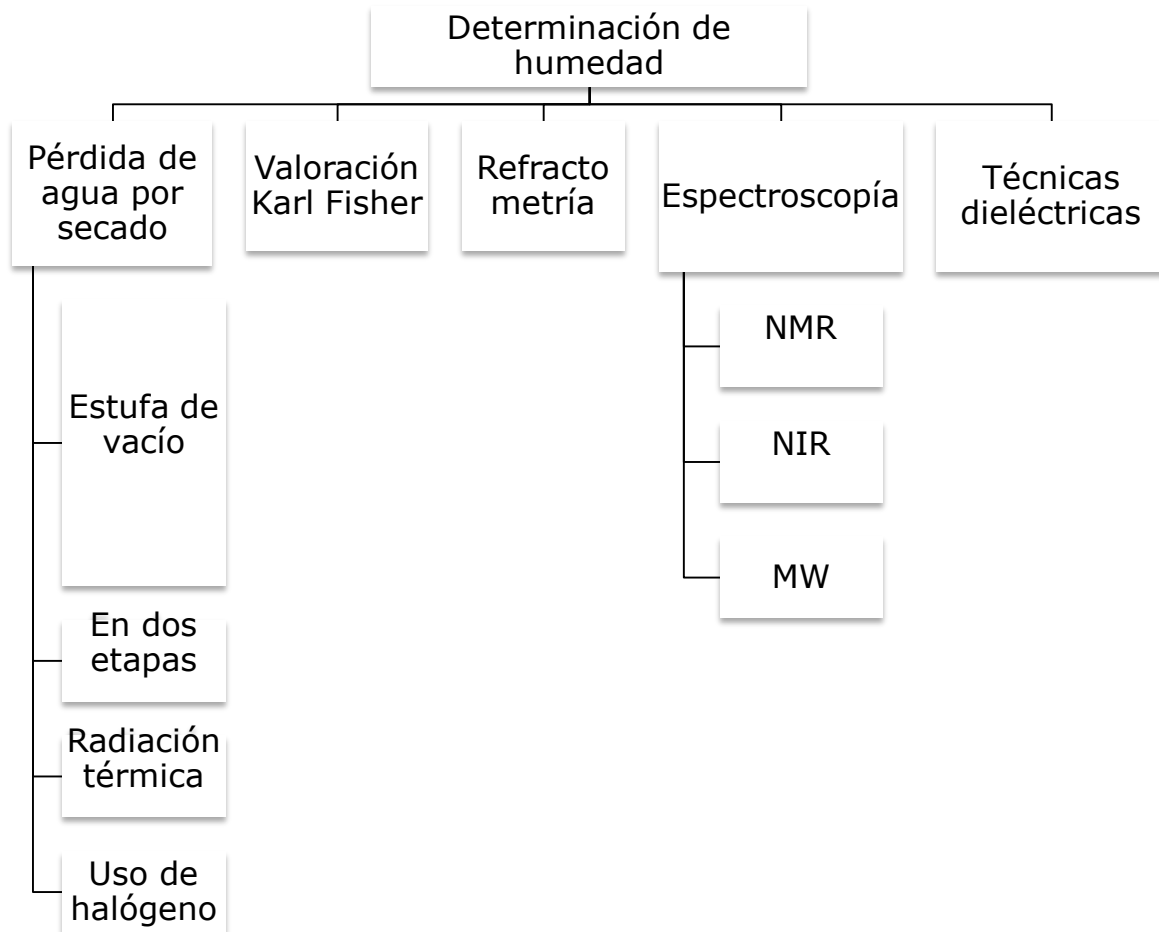


Figura 2.3 Técnicas más utilizadas para la determinación de humedad en muestras de productos de confitería.

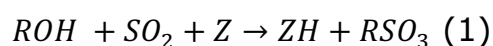
De acuerdo con la figura 2.3, el secado en estufa es uno de los métodos más comúnmente utilizados en alimentos y especialmente en caramelos. El producto se somete a temperaturas entre 100-135 °C (Beard, 2001). La temperatura debe ser lo suficientemente alta promover el secado, y debe llevarse a cabo de manera rápida para evitar la degradación de la muestra en un producto no deseado. La muestra se mantiene en el horno hasta que no se note diferencia de pesos entre dos lecturas (Ergun et al., 2010). De esta manera, la diferencia de pesos proporciona la cantidad de agua presente en la muestra. Las desventajas son remoción incompleta de agua y pérdida de volátiles que llevan a resultados imprecisos (Beard, 2001). Otras fuentes de error incluyen la formación de una costra en la superficie del producto, la cual

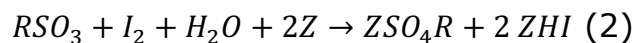


disminuye la rapidez en la que el agua debe escapar, también la descomposición debido a productos de reacciones de Maillard (aumenta la pérdida de peso), e incluso la caramelización de azúcares, la cual produce agua (Mathlouthi, 2001; Troller y Christian, 1978). Una solución a este problema sería utilizar una temperatura más baja, sin embargo, la liberación de agua no sería suficiente.

- ✓ Secado en estufa de vacío: Se basa en la pérdida de peso durante el calentamiento a presión reducida por un tiempo prolongado (Troller y Christian, 1978). Este método es menos destructivo (por sensibilidad al calor) y la duración del secado permite que la muestra estabilice su peso (Beard, 2001).
- ✓ Secado en dos etapas: en el método se utilizan dos temperaturas diferentes para prevenir la formación de costras en la superficie de la muestra. La primera, secado externo, es menor a la segunda, secado interno. (Beard, 2001).
- ✓ Radiación térmica: es utilizado para productos con alto contenido de azúcar (Isengard y Prager, 2003). Los resultados de secado por infrarrojo no son tan precisos como otros métodos.
- ✓ Secado con halógeno: es un calentamiento más eficiente que en el infrarrojo ya que aporta la energía necesaria para liberar el agua de los azúcares y sustancias polares (las cuales se relacionan estrechamente con el agua). Sin embargo, la formación éstos aportan errores en las lecturas (Heinze e Isengard, 2001).

La valoración Karl Fisher es un método que se basa en una reacción química de dos pasos para identificar el agua, en un primer paso (1), el dióxido de sulfuro es esterificado con un alcohol (metanol/ formamida), el éster es neutralizado con una base (Z) para producir un sulfuro de alquilo. En un segundo paso (2), el yodo oxida el sulfuro de alquilo en presencia de agua.





El yodo ( $I_2$ ) es utilizado como agente valorador para la determinación del punto final. Cuando toda el agua es consumida, el yodo no puede reaccionar y se presenta en la solución como yoduro. Existe un potencial redox de la pareja yodo/ yoduro que ocasiona la reacción y caída del potencial, esto indica el final de la valoración (Mathlouthi, 2001; Isengard, 2001; Isengard y Heinze, 2003). El método resulta ideal para productos con poca agua, es rápido (20-25 minutos), no hay error causado por la presencia de compuestos volátiles por lo que resulta confiable para productos de confitería (Knetchel Laboratories, 1969; Beard, 2001). Sin embargo, el tratamiento de la muestra y de residuos resultan desventajas del método (Supartona e Isengard, 1998).

La refractometría determina la cantidad de sólidos, siendo el inverso, la cantidad de agua. Es posible determinar el porcentaje de materia seca y, por lo tanto, la humedad en la muestra (Beard, 2001; Minifie, 1970). Resulta ideal para jarabes y sistemas fluidos (Pancoast y Junk, 1980). Como desventaja, se basa en soluciones puras de sacarosa, por lo que la lectura será directamente relacionada y para soluciones complejas, el valor interpretado podría llegar a verse afectado. En productos de confitería, la escala de lectura es llamada más correctamente °Brix y representa los equivalentes de sacarosa en el jarabe, dependiente de a temperatura, del índice de refracción (Beard, 2001).

Otros métodos son los espectroscópicos, están basados en las propiedades de los alimentos cuando la muestra es expuesta a radiación electromagnética.

- ✓ NMR (*Nuclear Magnetic Resonance*; resonancia magnética nuclear; por sus siglas en inglés): se utilizan las propiedades magnéticas de átomos de hidrógeno en el agua (Ergun et al., 2010). El agua ligada expone una señal más amplia que el agua libre, así que la técnica está más adaptada para distinguir entre agua libre y ligada para una determinación precisa del contenido de agua (Troller y Christian, 1978; Mathlouthi, 2001). Es un método rápido, no destructivo, no invasivo, requiere menos tiempo de preparación de la muestra y ofrece la posibilidad de automatización

debido a las señales electrónicas dadas (Ruan y Chen, 1998). La gran desventaja de este método es el alto precio de los estudios (Isengard, 1995).

- ✓ NIR (*Near Infrared*; infrarrojo cercano por sus siglas en inglés): se basa en la absorción de energía electromagnética por las moléculas de agua a diferentes longitudes de onda (1950 y 1450 nm) (Vornhof y Thomas, 1970; Mathlouthi, 2001). El agua da señales a estas longitudes. La preparación de la muestra es muy importante, además, únicamente mide la humedad de la superficie, por lo que los resultados son inadecuados para establecer un valor a todo el producto (Mathlouthi, 2001).
- ✓ MW (*Microwave*; microondas por sus siglas en inglés): se basa en el carácter dipolar de la molécula de agua (Ergun et al. 2010). El contenido de agua de la muestra puede ser correlacionado con el cambio en la longitud de onda y su intensidad (Isengard, 1995). La preparación de la muestra es importante. El método es adecuado para medir agua libre y luego agua ligada (Mathlouthi, 2001), una desventaja suele ser la falta de conocimiento del equipo.

Finalmente, las técnicas dieléctricas se basan en la diferencia de constantes para cada sustancia, la constante dieléctrica del agua es 80, y es diferente a la de muchos componentes de los alimentos (Breen y Monaghan, 1975). Suele calibrarse con otras técnicas y resulta un método rápido (Beard, 2001). Presenta un intervalo de lectura confiable, los confites deben tener de 0-50% de humedad y no debe presentar componentes con una constante dieléctrica mayor que la del agua (Breen y Monaghan, 1975).

### **2.2.1.3 Determinación de acidez titulable**

La acidez titulable se trata de la medida de la concentración total de ácido contenido en el alimento. Ésta es determinada por una titulación de los ácidos intrínsecos con una base estandarizada. La acidez titulable se utiliza para

predecir el impacto del ácido en el sabor y en el pH. Los ácidos del alimento son usualmente orgánicos, como el cítrico, málico, láctico, tartárico y acético, siendo los más comunes. Estos ácidos influyen el impacto de sabor ácido, color (estabilización de colorantes a diversos pH), actividad microbiana (a través de la sensibilidad de microorganismos ante intervalos variados de pH), y conservación de la calidad. Así como se presentan ácidos orgánicos como parte de la formulación, bajo un proceso de fermentación, existe también la producción de ácidos a partir de una fermentación (Nielsen, 2003).

Para medidas cuantitativas, se debe preparar soluciones de concentración conocida, además de hacer una dilución adecuada. Para encontrar el punto final de la titulación se utiliza un potenciómetro, sabiendo el pH final deseado, también se utiliza el cambio de color de un indicador de pH, generalmente fenolftaleína. La cantidad de titulante utilizado sirve para calcular la acidez titulable, y se expresa en términos del ácido orgánico predominante (Nielsen, 2003).

El uso de este método para determinar la estabilidad de un producto de confitería no es determinante para establecer una vida de anaquel, esto debido a que la acidez puede evaluarse sensorialmente, disminuyendo así el uso de reactivos y el tratamiento previo de la muestra. Además, se usa como indicador de actividad microbiana, pero, la cantidad de solutos en los confites es demasiado alta como para permitir el crecimiento microbiano. Sin embargo, la determinación de acidez titulable sí se ha utilizado para determinar el cambio de acidez en recubrimientos glaseados de *jellies*, con el fin de evaluar el cambio de acidez a través de diferentes condiciones de temperatura y humedad, procedimiento que es evaluable sensorialmente y como ya se mencionó, en tal caso, se estaría evitando el tratamiento de muestra, el cual puede llegar a ser determinante para la obtención de un resultado apropiado.

Las desventajas de estas determinaciones ocurren cuando las muestras son geles o concentrados, que pueden evitar la distribución del ácido en la solución

y, por ende, que la reacción de neutralización no se lleve a cabo cuantitativamente. Por lo general, en estos productos se recomienda licuar o agitar vigorosamente la solución con el fin de romper la estructura y homogeneizar el ácido por toda la preparación. Además, el método no permite diferenciar entre ácidos, por eso se utiliza como marcador de ácido predominante. El ácido láctico se utiliza para monitorear la actividad microbiana en algunos productos (Nielsen, 2003).

#### **2.2.1.4 Determinación de textura**

Los confites que tienden a cambiar su dureza durante el almacenamiento son probados utilizando un perfil de análisis de textura (TPA; *Texture Profile Analysis*). Este método utiliza dos ciclos de compresión para recopilar datos de fuerza durante la compresión (Nielsen, 2003). Los datos pueden ser correlacionados con dureza o el punto en donde el producto se fractura. Las pruebas de dureza también pueden ser utilizadas con confites que se ablandan o pierden textura crujiente durante el almacenamiento. En el 2005, Baiano y Del Nobile estudiaron el cambio de la dureza en pasta de almendras durante el almacenamiento, lo que lograron fue una relación de pruebas sensoriales con un panel entrenado para la determinación del máximo de dureza aceptable, dicho valor se correlacionó con la fuerza del análisis de perfil de textura.

#### **2.2.2 Parámetros sensoriales**

De acuerdo con Granato et al. (2014), el análisis sensorial de un producto alimenticio y la ejecución de metodologías requiere un diseño de experimento, planteamiento de técnicas analíticas, seguido de una interpretación de resultados y observaciones obtenidos de éstos. Además de un entrenamiento adecuado para evaluar la percepción de aromas y realizar análisis sensoriales, para que al final con un método estadístico que provea información útil, se construyan conclusiones importantes para el estudio (Yu et al., 2017).

Los estudios sensoriales de alimentos son vistos como un proceso de acopio de información utilizados para medir, analizar e interpretar respuestas al comportamiento en productos alimenticios, están basados en los cinco sentidos: oído, gusto, tacto, olfato y vista, en donde panelistas son utilizados como instrumentos para determinar la calidad de un producto. Los resultados obtenidos de estos estudios proporcionan información importante sobre la calidad y características del producto que pueden ser utilizadas en diversos aspectos, así como desarrollo de nuevos productos, para comprender las demandas del consumidor, desarrollo de perfiles de sabor y olor, además del control de calidad (Yu et al., 2017).

Los objetivos más comunes en estos estudios son (Piggott et al., 1998):

- ✓ Análisis de sabor: determinación de compuestos químicos asociados con los sabores y olores en función de la experiencia del consumidor
- ✓ Perfil sensorial: determinación de las características sensoriales, tales como dulzor, masticabilidad, y otras relacionadas con el producto y
- ✓ Pruebas hedónicas: demostrar la aceptación o preferencia de un producto por consumidores

Los cambios físicos, químicos y microbiológicos que ocurren simultáneamente durante el almacenamiento causan una disminución en la calidad sensorial del producto (Derossi et al., 2016). Por esto, que los estudios de vida de anaquel usualmente requieren la medida de la intensidad de diferentes características sensoriales a lo largo del almacenamiento, hasta que se alcance un criterio de falla que determine el punto final, el cual corresponde al punto máximo tolerable de deterioro (Giménez et al., 2012). El criterio de falla para cada uno de los atributos sensoriales es necesario dado que la vida de anaquel está limitada por un aumento de la intensidad de un defecto, o bien por la disminución de la intensidad de una característica deseable (Garitta et al,

2004; Giménez et al., 2017; Corrigan et al., 2012). Las desventajas de esta aproximación son:

- ✓ La consideración de cada uno de los criterios de falla para cada atributo sensorial lleva a la estimación de diferentes vidas de anaquel
- ✓ Requiere tiempo y se considera tedioso la elección de criterios de falla
- ✓ Todas las características sensoriales cambian simultáneamente y la reacción del consumidor con un solo defecto notable puede ser diferente ante la presencia de diversos defectos, así que, elegir los cambios más significativos para determinar la vida de anaquel de un producto llega a ser inadecuado
- ✓ En ocasiones, es necesario buscar referencias de este tipo análisis en productos similares para establecer los atributos a evaluar
- ✓ Se basa en la reacción de consumidores, más que el cambio de las características sensoriales
- ✓ Se utiliza una escala hedónica que debe indicar un punto de corte a la vida de anaquel

Los análisis de supervivencia se han convertido en una de las metodologías más populares para la estimación de vida de anaquel basado en la percepción de los consumidores. Este método es ideal para estudios de vida de anaquel que quieren estimar la fecha de caducidad bajo diferentes condiciones de almacenamiento, ya que se permite trabajar con jueces entrenados, quienes los convierten en un método simple y barato a comparación de aquellos estudios con consumidores, los cuales son complejos y caros (Giménez et al., 2017). La metodología se enfoca en (Hough, 2010; Hough et al., 2004):

- ✓ El riesgo de que un consumidor rechace el producto después de cierto tiempo de almacenamiento.

- ✓ La estimación del punto de máxima tolerancia a un defecto.
- ✓ Modelar la relación entre el rechazo de consumidores al producto y el índice de estimado de rechazo.

De tal manera que, los datos sensoriales son valores asignados por un panel de evaluadores de atributos sensoriales de un producto, dichos atributos se pueden extender a otras propiedades, tales como textura y características fisicoquímicas, así mismo extrínsecas, tales como precio, marca e información nutrimental (Yu et al., 2017).

Por otro lado, estudios enfocados a la dinámica de liberación de sabores en función de la estructura de productos de confitería han demostrado que, sensorialmente, aumentar la viscosidad o firmeza del caramelo provoca una disminución en la liberación del sabor y, por lo tanto, en la percepción de éste. Sin embargo, estudios contradictorios afirman que no existe relación entre la liberación de los sabores y la estructura del producto, de tal manera, Déléris et al. (2011) compararon dichos estudios, encontrando que la diferencia radica en el uso de diferentes protocolos de evaluación en el consumo, aumentando así la variabilidad entre dichos patrones de comportamiento. Por lo tanto, la manera en que se formulan las evaluaciones repercutirá en la interpretación de resultados.

El análisis de sabores depende de la medida de los compuestos volátiles y no volátiles en los alimentos, lo cual afecta directa o indirectamente a los perfiles de olor y sabor de los alimentos (Yu et al., 2017). La liberación de sabor en caramelo duro se ha estudiado en diversos artículos, esto debido a su naturaleza, tiene una composición básica que es una mezcla de sacarosa y maltodextrinas, además de tener abundancia de sabores, volátiles y no volátiles. La presencia de sacarosa (sabor no volátil) y su concentración, ha sido un factor determinante para la percepción de sabores volátiles en productos de confitería (gomas de mascar y caramelo duro). La liberación de sabores de los caramelos duros a la saliva está en función de la relación de



compuestos no volátiles y volátiles, y debe permanecer constante durante el periodo de consumo (Schober y Peterson, 2004).

En la industria alimenticia, el color se ha convertido en un criterio de importancia al momento de la venta del producto, y, por lo tanto, es un parámetro indicativo utilizado en el control de calidad. Además, se utiliza como estimulador del apetito. A pesar de que el color es subjetivo, ha tomado importancia en el entendimiento del consumo de alimentos, al igual que el aroma, sabor y textura (Araújo et al., 2012).

Para un acercamiento a los atributos evaluados en productos como caramelo duro y *jellies*, se elaboró una recopilación de criterios evaluados en diversos estudios y se presentan en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Atributos sensoriales evaluados en caramelo duro y *jellies*.

<b>Tipo de atributo</b>	<b>Caramelo duro</b>	<b><i>Jellies</i></b>
Apariencia	Color Superficie regular/ irregular Textura regular/ irregular Fusión del caramelo	Brillo
Textura	Superficie regular/ irregular Textura regular/ irregular Pegajoso	Dureza Pegajoso Gomosa
Al gusto	Graneado Dulzor Añejamiento	Dureza Pegajoso a la primera mordida Masticabilidad Gomoso Cohesividad Punto de ruptura Dulzor Sabor frutal Añejamiento

(Adap. Subramanian, 2011).

Al final, cualquiera que sea el método seleccionado, debe de recordarse que la vida de anaquel está en función de la interacción entre el alimento y el consumidor, y esta es la que determinará si el producto es o no aceptable por el mismo (Hough et al., 2004).

### **2.2.3 Parámetros microbiológicos**

Como se mencionó previamente, la baja actividad de agua imparte seguridad microbiana en muchos productos de confitería. Muy pocos factores intrínsecos son tan importantes como ésta para predecir la supervivencia de microorganismos en un producto alimenticio (Fontana, 2005). Scott (1953) demostró que cada microorganismo tiene un límite de crecimiento respecto a este parámetro en el alimento. Por lo que, éste determina el límite más bajo de agua disponible para el crecimiento microbiano. En la tabla 2.5 se muestran los límites de crecimiento de diversos microorganismos para la inocuidad del alimento y ejemplos de productos alimenticios que entran en esos intervalos. *Staphylococcus aureus* es el único patógeno que crece a un  $a_w$  debajo de 0.90, el límite de crecimiento de las levaduras es 0.88, para mohos que causan deterioro, las condiciones son de 0.70, mientras que, para cualquier microorganismo, no es posible crecer a 0.60  $a_w$ .

Tabla 2.5 Actividad de agua y crecimiento de microorganismos en alimentos.

<b>Intervalo de <math>a_w</math></b>	<b>Microorganismos inhibidos por <math>a_w</math> más bajos en los intervalos dados</b>	<b>Ejemplos de alimentos</b>
1.00-0.95	<i>Pseudomonas, Escherichia, Proteus, Shigella, Klebsiella, Bacillus, Clostridium perfringens</i> , algunas levaduras.	Pescado, vegetales, carne, leche, fruta enlatada.
0.95-0.91	<i>Salmonella, Vibrio parahaemolyticus, C. botulinum, Serratia, Lactobacillus, Pediococcus</i> , algunos mohos y levaduras ( <i>Rhodotorula, Pichia</i> )	Algunos quesos, carnes curadas.
0.91-0.87	Diversas levaduras ( <i>Candida, Torulopsis, Hansenula, Micrococcus</i> )	Embutidos fermentados, quesos secos, margarina.
0.87-0.80	Muchos mohos (micotoxigénicos), <i>Staphylococcus aureus</i> , diversos <i>Saccharomyces</i> ( <i>bailii</i> ) spp., <i>Debaryomyces</i> .	Jugos de fruta concentrados, leche condensada, jarabes.
0.80-0.75	Bacterias halofílicas, hongos micotoxigénicos.	Mermelada, jaleas, mazapanes, frutas glacé.
0.75-0.65	Mohos xerofílicos ( <i>Aspergillus chevalieri, A. candidus, Wallemia sebi</i> ), <i>Saccharomyces bisporus</i> .	<i>Jellies</i> , melaza, azúcar sin refinar, frutas secas, nueces.
0.65-0.60	Levaduras osmofílicas ( <i>Saccharomyces rouxii</i> ), pocos mohos ( <i>Aspergillus echinulatus, Monascus bisporus</i> ).	Frutas secas con 15-20% de humedad, algunos caramelos y <i>toffees</i> , miel.
0.60-0.20	No hay proliferación microbiana.	Pasta seca, especias, huevo en polvo, galletas, leche en polvo, vegetales secos.

(Adaptación de Beuchat, 1981)

Los hongos xerofílicos frecuentemente se encargan del deterioro intermedio entre condiciones de humedad moderada y actividad de agua baja, causando pérdidas económicas. Especies extremófilas como *Xeromyces bisporus* y *Chrysosporium* son más comunes en ambientes que contienen altas

proporciones de azúcar, lo que incluye a los productos de confitería. La composición nutricional y atributos físicos del producto, especialmente el pH, afectarán el potencial para el crecimiento de xerófilos (Pitt y Hocking, 1997; Gock et al., 2002). En la tabla 2.6 se mencionan los requerimientos de  $a_w$  para el crecimiento de algunos microorganismos de interés.

Tabla 2.6 Microorganismos de interés y sus requerimientos extremos de actividad de agua para productos de confitería.

<b>Microorganismo</b>	<b>Requerimiento de <math>a_w</math> extremos</b>	<b>Referencia</b>
<i>Eurotium</i> spp	Menor a 0.70-0.72 (condiciones favorables)	Snow, 1949; Armolik y Dickson, 1956; Ayerst, 1969; Magan y Lacey, 1984.
<i>Penicillium</i> spp	Mínimo de 0.68	Pitt y Hocking, 1997.
<i>Weisella sebi</i>	Menor a 0.69	Pitt y Hocking, 1997.
<i>Xeromyces bisporus</i>	Menor a 0.61	Pitt y Christian, 1968.
<i>Chrysosporium</i> sp	Menor a 0.69	Pitt y Christian, 1968.

Los estudios que se llevan a cabo para la obtención de estos valores (tabla 2.6) son cultivos en medios sólidos bajo condiciones controladas de pH, temperatura y porcentaje de sacarosa y glucosa, de manera que después de ciertas observaciones, se establecen dichas condiciones de crecimiento para los microorganismos estudiados (Gock et al., 2003).

## **2.3 Factores de riesgo en la vida de anaquel de caramelos**

### **2.3.1 Composición del caramelo**

La estabilidad de productos de confitería, como de cualquier otro, la vida de anaquel está gobernada por su composición. A pesar de que el alto contenido de azúcar en estos productos proporciona una estabilidad microbiológica, el deterioro microbiano puede ocurrir por cuestiones químicas y físicas en productos que contienen ingredientes tales como las grasas (Subramaniam, 2011).

A partir del hecho de que los productos de confitería presentan sacarosa en sus formulaciones, se encuentra como un problema común el cambio de estado de los azúcares presentes. En este caso, la estabilidad de diversos productos de confitería está directamente relacionada con la estabilidad de los ingredientes. Por ejemplo, la lactosa en *toffees* tiene la capacidad de cristalización prematura en el caramelo, y por tanto favorecerá la de los azúcares. Sin embargo, existen otros ingredientes que son utilizados para minimizar la oxidación, retardar la absorción de humedad y emulsificantes para evitar la separación de agua y aceite en algunos productos (Subramaniam, 2011).

### **2.3.2 Estructura y temperatura de transición vítrea**

Los productos de confitería con contenido de humedad bajo, tienen un aspecto vítreo amorfo, proporcionando características de dureza y fragilidad. Dicha estructura puede cambiar a un estado líquido viscoso en una región de temperatura cercana a la temperatura ambiente. Dicho cambio es llamado transición vítrea y la temperatura a la que ocurre es la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ). La cual es un parámetro crítico para la determinación de vida de anaquel dado que su aparición está acompañada de cambios en la matriz estructural conllevando a la aparición de cristales de sacarosa (graneo) (Subramanian, 2011). En la figura 2.4 se observa el diagrama de estado de la sacarosa en la cual se exhiben límites de temperatura y composición a las que se observa la transición vítrea y otras propiedades como lo son solubilidad y elevación del punto de ebullición. Además, en la tabla 2.7 se muestra la temperatura de transición vítrea de diferentes edulcorantes. Este parámetro está gobernado por la composición molecular y el grado de entrecruzamiento del polímero. Generalmente, los carbohidratos con bajo peso molecular tienen una  $T_g$  baja y viceversa. En disacáridos, la  $T_g$  se ubica por arriba de los 65 °C, los monosacáridos se ubican entre 5-31 °C. Resulta curioso las altas temperaturas de algunos polioles, haciéndolos adecuados para su uso en caramelos libres de azúcar. Finalmente, las diferencias entre los equivalentes

de dextrosa (DE) de un jarabe de maíz se verán reflejados en las temperaturas de transición vítrea del producto final, a mayor DE, menor temperatura. Además, la mezcla sacarosa-jarabe de maíz de 42 DE disminuirá el punto de ebullición y la solubilidad, mientras que la  $T_g$  aumenta ligeramente, teniendo efectos a nivel de proceso y estabilidad durante el almacenamiento (Hartel et al., 2010).

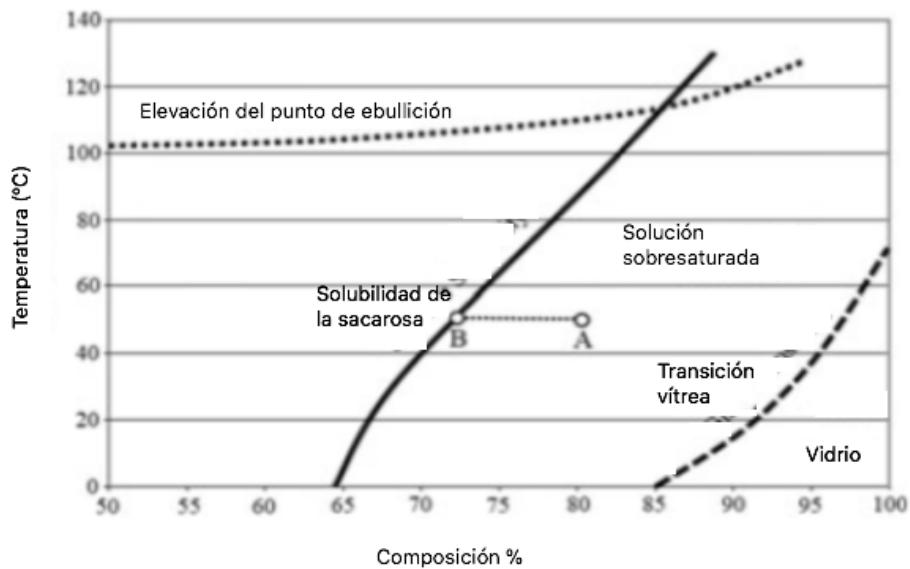


Figura 2.4 Diagrama de estado de la sacarosa en dónde se muestran los límites de solubilidad, de la elevación del punto de ebullición y de la transición vítrea (Fuente: Hartel et al., 2010).

Tabla 2.7 Valores de temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) de diversos edulcorantes (asumiendo un vidrio completamente seco)

<b>Compuesto</b>	<b><math>T_g</math> (°C)</b>
Fructosa	5-10
Glucosa	31
Sacarosa	62-70
Lactosa	101
Jarabe de maíz hidrolizado 42 DE*	79
Jarabe de maíz hidrolizado 20 DE*	139
Maltitol	39
Isomaltol	63.6

\*DE: Equivalentes de dextrosa

(Adap. Ergun et al., 2010; Hartel et al, 2010).

### **2.3.3 Envase y empaque**

Una de las grandes propiedades del envase es lograr la protección del producto que contiene. En alimentos, se trata de la capacidad que éste tiene para evitar que los principales compuestos fisicoquímicos y sensoriales se mantengan intactos durante su vida de anaquel, de manera que, el consumidor lo encuentre tal y como si se acabara de cosechar, fabricar o transformar (Povea, 2014).

Los envases son esenciales en la industria alimentaria en orden de su funcionalidad, a continuación, se enlistan algunas propiedades deseadas en los envases (Povea, 2014):

- Contención para su distribución y evitar contaminación
- Protección ante condiciones del ambiente que los rodea

- Conservación del producto
- Conveniencia de acuerdo con los requerimientos del consumidor, en tamaño y forma
- Comunicación en el etiquetado, para una identificación sencilla

Los materiales más comunes son vidrio, metal, plástico y papel, su elección y clasificación se basa en el grado de protección que se requiere para determinar la vida útil del producto. Por ejemplo, el papel requiere un recubrimiento de plástico para proveer una barrera adecuada; sin embargo, los plásticos aportan cierto grado de protección de acuerdo con la naturaleza de las moléculas poliméricas que lo conforman (Povea, 2014).

Un envase al vacío conserva ilimitadamente los caramelos duros, su equilibrio de humedad es inferior al 30% de humedad relativa del aire, dicha situación genera en el producto un estado de higroscopía, lo que implica un buen empaquetado después de su producción (Bedolla et al., 2004).

#### ***2.3.4 Condiciones de almacenamiento***

De acuerdo con Bedolla (2004), es recomendable el almacenamiento de caramelos duros en condiciones de humedad relativa baja, sólo así se puede evitar la recristalización de la sacarosa, siempre y cuando se lleve a cabo un proceso de elaboración adecuado. De esta manera, resulta importante recalcar que ante una pequeña cantidad de agua que se presente ante el caramelo desencadenará la formación de cristales de sacarosa debido a la conversión de una solución sobresaturada (caramelo duro) a una saturación (caramelo duro con defecto), dicha condición provocará un aspecto opaco en el producto.

Las condiciones de almacenamiento determinarán la vida de anaquel del producto, la humedad relativa al equilibrio indica su tendencia a absorber o perder humedad, dependiendo de la humedad relativa de medio ambiente. En un clima fresco, la HR tiene un intervalo de 45-55%, en clima tropical alcanza hasta un 80%. Bajo estas condiciones, el caramelo, si tiene HRE mayor que la



HR del medio tenderá a secarse; sin embargo, si el producto tiene HRE menor que la HR del medio absorberá humedad durante su almacenamiento. En este punto, los valores dados en la tabla 2.2 cobran sentido, el mazapán y el *fondant* mostrarán una tendencia a secarse, mientras que los caramelos duros y las *jellies*, serán propensos a ganar humedad del ambiente. Entonces, tales cambios en el contenido de humedad guiarán a cambios mayores en la calidad sensorial del producto, lo cual se puede controlar con la elección de un material de envoltura que minimice la transferencia de humedad entre el ambiente y el producto (Subramaniam, 2011).

### **2.3.5 Humedad relativa**

La fuerza que conduce a una absorción de humedad del ambiente por parte del producto está determinada por las diferencias en la humedad relativa de equilibrio (HRE) de los componentes individuales y la humedad relativa del ambiente. La HRE es el parámetro al cual el producto no pierde ni gana humedad del ambiente. Se muestra la HRE de diferentes tipos de confites en la tabla 2.8. Se observa que, los productos con actividad de agua baja como caramelos duros, presentan una HRE baja, de tal manera que se minimiza el intercambio de humedad con el ambiente si la diferencia es mínima (Subramaniam, 2011).

Tabla 2.8 Valores de humedad relativa al equilibrio típicos de productos de confitería.

<b>Tipo de confite</b>	<b>HRE (%)</b>
Caramelos duros	20-30
Gomas y pastillas	50-65
<i>Fudge</i>	60-70
<i>Nougat</i> (graneado)	60-70
<i>Jellies</i>	65-75
Malvaviscos	65-75
Fondant	75-80
Mazapán	68-84

(Adaptado por Subramaniam de Lees, 1980).

### **2.3.6 Migración de aromas y sabores**

La pérdida de sabores durante el almacenamiento se debe a la habilidad de las moléculas de sabor a escapar de la matriz vítrea (caramelo duro) (Ergunet al., 2010). Se ha encontrado que la pérdida de marcadores volátiles en caramelos duros intactos ocurrió lentamente después de meses de almacenamiento, perdiendo únicamente el 10% del sabor (debajo de  $T_g$ ; *temperatura de transición vítrea*). Sin embargo, si las condiciones de almacenamiento hubiesen sido por encima de la  $T_g$ , la movilidad del sabor hubiera aumentado significativamente, y como consecuencia una pérdida del sabor hubiese ocurrido rápidamente. La cristalización de la sacarosa también conduce a una difusión del sabor debido a la concentración de los componentes en el caramelo duro (Levi y Karel, 1995).

## CAPÍTULO 3. DETERMINACIÓN DE VIDA DE ANAQUEL EN SISTEMAS MODELO

El trabajo realizado pertenece a un diseño de experimentos de dos sistemas modelos de productos de confitería, *jellies* y caramelo duro.

El estudio de vida útil de *jellies* se llevó a cabo analizando 4 formulaciones envasadas en dos tipos de contenedores, uno de 1 onza y otro de 2 onzas. Los prototipos se almacenaron en condiciones aceleradas, a humedad relativa alta y baja y a una condición óptima de humedad relativa media. Se evaluaron periódicamente y se compararon contra un control en congelación. Los parámetros medidos fueron porcentaje de humedad (secado con estufa de vacío; AOAC 925.45), actividad de agua (punto de rocío; *Dew Point Activity Meter*) y sensorial (7 jueces entrenados calificaron de acuerdo con lo establecido en la tabla 3.1).

Tabla 3.1 Criterios de evaluación sensorial de *jellies*.

<b>Valor</b>	<b>Criterio</b>
<b>0</b>	No existe diferencia con respecto a control.
<b>1</b>	Existe ligera diferencia (apenas notable) con respecto a control.
<b>2</b>	Existe diferencia notable entre la muestra evaluada y control, no se considera región de rechazo.
<b>3</b>	Existe diferencia moderada con respecto a control, los defectos son mayores y ya se considera zona de precaución porque está cerca del rechazo.
<b>4</b>	Las diferencias son mayores, haciendo que el producto se considere rechazado por el evaluador.
<b>5</b>	Las diferencias son significativas y no es agradable para el consumidor, se considera una región de rechazo total.

La vida útil del caramelo duro se obtuvo evaluando una formulación en dos presentaciones, una con envoltura y otra sin envoltura, a su vez, el producto se sometió a condiciones aceleradas de humedad relativa alta y a condiciones óptimas de humedad relativa media. La propuesta control fue la almacenada con envoltura a condiciones óptimas. Se evaluó un único parámetro, el sensorial, y se llevó a cabo cada semana con el mínimo de jueces entrenados

necesarios, quienes poseen el conocimiento y práctica en la evaluación de características visuales, de sabor y textura del sistema (Micale, 2011).

En la tabla 3.2 se establecen los criterios a considerar para los juicios a emitir.

Tabla 3.2 Criterios de evaluación sensorial de caramelo duro.

<b>Valor</b>	<b>Criterio</b>
<b>1</b>	El producto es igual que control.
<b>2</b>	Existe ligera diferencia contra control.
<b>3</b>	Hay una diferencia notable, es una zona de riesgo porque el producto es propenso a ser rechazado.
<b>4</b>	Los cambios en la calidad son significativos, se halla en región de rechazo.
<b>5</b>	No posee los criterios de calidad para su consumo.

Los resultados se graficaron para observar el comportamiento de los parámetros evaluados antes las condiciones de almacenamiento. Se llevó a cabo un análisis estadístico de t de *student* con un nivel de significancia del 5% para encontrar diferencia significativa entre las condiciones, tiempo y formulaciones analizadas. Adicionalmente, se estudió la cinética de comportamiento de los sistemas modelos.

### **3.1 Jellies**

#### **3.1.1 Humedad**

La determinación de humedad se llevó a cabo según el método del AOAC 925.45. Los resultados de las determinaciones del sistema modelo almacenado en cámara húmeda se muestran en la figura 3.1, se graficaron las curvas de cambio de porcentaje de humedad de las *jellies* a lo largo de 5 semanas. En la misma gráfica se especifica el nivel de humedad mínima establecida para estos productos según Bussiere y Serpelloni (1985) y los resultados del análisis estadístico t de *student*, éstos demuestran las diferencias significativas entre los tiempos de almacenamiento, letras iguales sugieren que no existe

diferencia significativa entre la humedad promedio semanal y el tiempo de estudio.

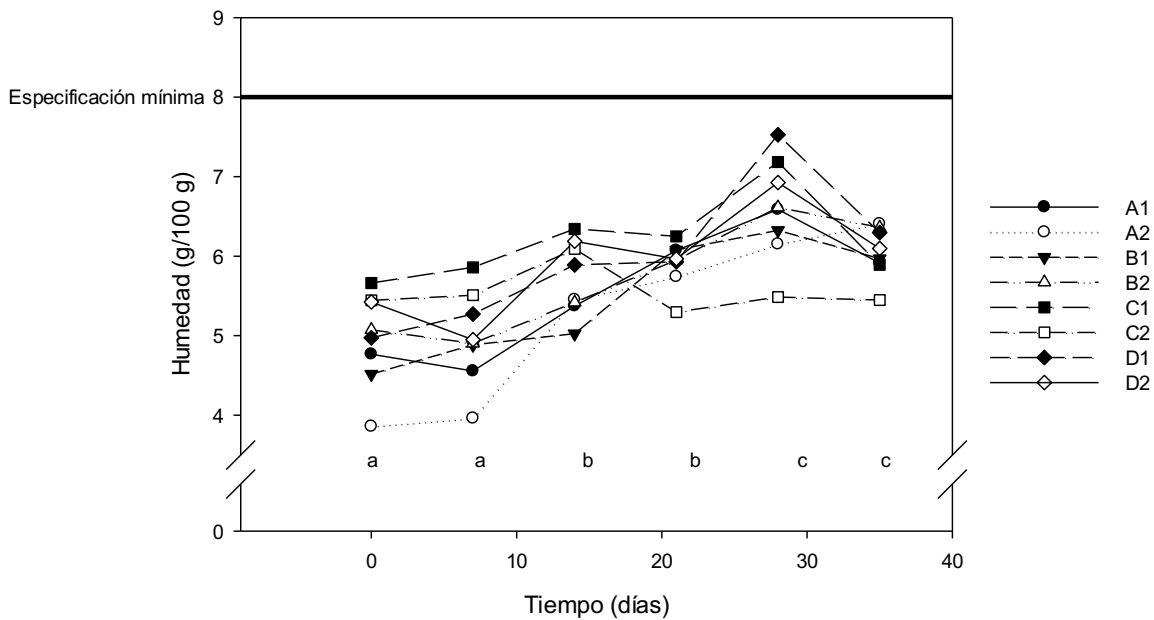


Figura 3.1 Cambio de humedad con respecto al tiempo (días) de almacenamiento de *jellies* en condiciones aceleradas en cámara húmeda.

Es posible observar en la figura 3.1 que la tendencia, durante las primeras 4 semanas (28 días), es aumentar con respecto a la humedad inicial, una semana después, la humedad disminuye para casi todos los prototipos estudiados, excepto para A2, la cual aumenta, mientras que C2 se mantiene. Estadísticamente, se encontró que existe diferencia significativa en el porcentaje de humedad después de la semana 1 y después de la semana 3, mostrando los cambios más drásticos de humedad en estos tiempos.

En la figura 3.2, se graficaron las curvas de comportamiento del porcentaje de humedad de las *jellies* a lo largo de 5 semanas en cámara seca. También se establece el nivel de humedad mínimo para estos productos según Bussiere y Serpelloni (1985) y los resultados del análisis estadístico t de *student* a un nivel de significancia del 5%.

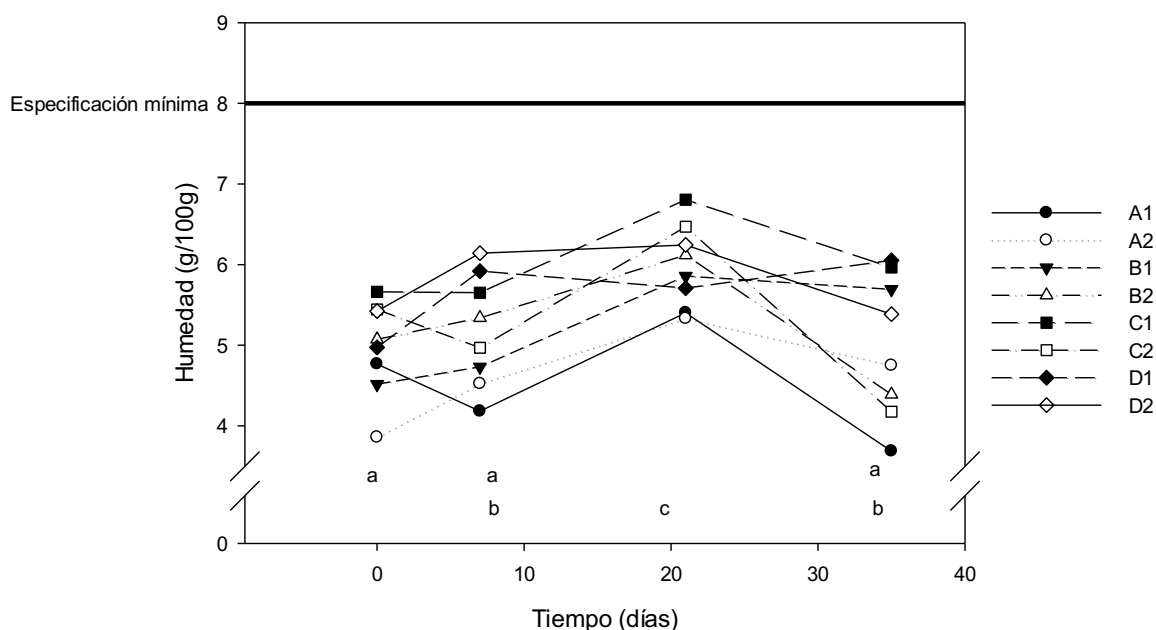


Figura 3.2 Cambio de humedad con respecto al tiempo (días) de almacenamiento de *jellies* en condiciones aceleradas en cámara seca.

En la figura 3.2 se observan cambios de humedad más variables. Sin embargo, la mayoría de las propuestas muestran una disminución del contenido de humedad en la semana 5 del estudio (35 días), después de una tendencia de 3 semanas de aumento (21 días). En el análisis *a posteriori* con *t* de *student* se encontró que sí existe diferencia significativa en el porcentaje de humedad después de la semana 1 (día 7) con respecto a la semana 3 (día 21), y luego entre la semana 3 y la semana 5 (día 35), demostrando que el descenso en la humedad del producto es significativa.

Las muestras colocadas en condiciones ambiente se evaluaron cada 4 semanas (no es considerada una condición adversa), de manera que, se obtuvo un único valor a lo largo de estudio y no existe diferencia con respecto a los valores de humedad iniciales, los cuales se pueden consultar en el anexo, tabla I.I.

De acuerdo con la bibliografía, se manejan límites mínimos y máximos de humedad para este tipo de confites, debiéndose ubicar entre 8-22% de humedad (Bussiere y Serpelloni, 1985). Sin embargo, los valores, incluso control, se ubican por debajo del intervalo mencionado. Dicha característica

puede asociarse a la velocidad de secado durante su proceso, es decir, si ocurre rápidamente, la superficie puede tornarse rígida y liberar humedad de la ésta y, por lo tanto, atrapar humedad en el centro. Además, las *jellies* tienden a endurecerse durante el almacenamiento demostrando que existe pérdida de humedad a través de la corteza del caramelo (Hartel et al. 2010). Estos niveles de humedad bajos pueden representar tanto un beneficio, por la baja cantidad de agua libre en el producto, como un riesgo, porque el producto requerirá mayor humedad para alcanzar el equilibrio con el medio a su alrededor, causando así que, por una parte, se absorba mayor humedad del medio que lo rodea y de otro modo, que los defectos más conocidos en el caramelo suave se presenten en un corto tiempo, siendo uno de éstos el desarrollo de textura chiclosa y adherencia a los dientes (Eeles et al., 2002; Subramaniam, 2011). Tal información se corroborará posteriormente con la evaluación sensorial.

Los resultados del estudio de cinética química en el sistema modelo *jelly* se resumen en la tabla 3.3, se muestran las constantes de velocidad ( $k$ ) para reacciones de orden 0 y 1 con el fin de conocer el comportamiento de las formulaciones analizadas, el orden 0 indica una dependencia lineal del cambio de humedad en la cámara de almacenamiento, a diferencia del orden 1 que indica un cambio exponencial del parámetro en las condiciones dadas (Escobar, 2009). Se muestran las  $R^2$  para verificar la tendencia a la linealidad.

Tabla 3.3 Resultados de las cinéticas de reacción del cambio de humedad evaluados en condiciones de humedad relativa alta y baja.

<b>Cámara húmeda</b>				
<b>Formulación</b>	<b>K (días<sup>-1</sup>) orden 0</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>k (días<sup>-1</sup>) orden 1</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
A1	0.05	0.7200	<b>0.01</b>	<b>0.7302</b>
A2	<b>0.08</b>	<b>0.9102</b>	0.02	0.8846
B1	0.05	0.8147	<b>0.01</b>	<b>0.8278</b>
B2	0.05	0.8578	<b>0.01</b>	<b>0.8608</b>
C1	0.02	0.2431	0.003	0.2503
C2*	-0.003	0.0270	-0.001	0.0275
D1	0.06	0.6405	0.01	0.6898
D2	0.04	0.5102	0.01	0.5157
<b>Cámara seca</b>				
<b>Formulación</b>	<b>F( días) orden 0</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>F( días) orden 1</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
A1	0.02	0.1280	-0.004	0.1678
A2	0.03	0.4529	0.01	0.4761
B1	0.04	0.7859	<b>0.01</b>	<b>0.7959</b>
B2*	-0.01	0.0901	-0.003	0.1238
C1	0.02	0.2228	0.003	0.2389
C2*	-0.02	0.1111	-0.01	0.1601
D1	0.02	0.5329	0.004	0.5283
D2*	-0.004	0.0161	-0.001	0.0172

\*La tendencia de cambio es descendente.

La obtención de una regresión lineal (ver tabla 3.3) permite conocer el comportamiento del producto a lo largo del estudio, la pendiente indica la velocidad de reacción a la que cambia la humedad en el producto y el signo indica si es ascendente o descendente (Martins et al., 2001). En la cámara húmeda, A2 muestra un comportamiento lineal de orden 0, su velocidad de reacción es de 0.08. Las propuestas A1, B1 y B2 representan reacciones de orden 1, el cambio de humedad ocurre exponencialmente y de la misma manera para las tres. Por otro lado, la cámara seca sugiere que, el comportamiento de la formulación B1 es de orden 1, presentando la misma velocidad de reacción que en el almacenamiento en la cámara húmeda. En general, para las formulaciones C1, C2, D1 y D2 no presentan un comportamiento lineal en ambos órdenes de reacción durante el tiempo de análisis. Tal situación se puede atribuir a que los prototipos no han alcanzado



un equilibrio a la humedad relativa del medio en el que están siendo estudiadas.

Finalmente, los valores de humedad de orden 0 determinados en la formulación C2 sugieren que, en condiciones húmedas existe una disminución en el parámetro evaluado. Mientras que, en condiciones de humedad relativa baja, las formulaciones B2, C2, y D2 muestran esta misma tendencia, indicando que tal condición de almacenamiento ocasiona pérdida de humedad.

### **3.1.2 Actividad de agua ( $a_w$ )**

Para medir la actividad de agua se utilizó un equipo que determina el punto de rocío de ésta en el producto. La ventaja de este aparato es la comodidad de uso y los tiempos relativamente cortos requeridos entre determinación, además de que, los datos resultan precisos ante un amplio intervalo de  $a_w$  (Von Elbe, 1986). Los resultados de actividad de agua del producto almacenado en cámara húmeda se graficaron en la figura 3.3 en donde se especifican los límites mínimos y máximos según Bussiere y Serpelloni (1985). Además, se muestran los resultados de las pruebas a *posteriori* con t de *student* a un nivel de significancia del 5%, en donde letras iguales refieren que no existe diferencia entre los tiempos de evaluación.

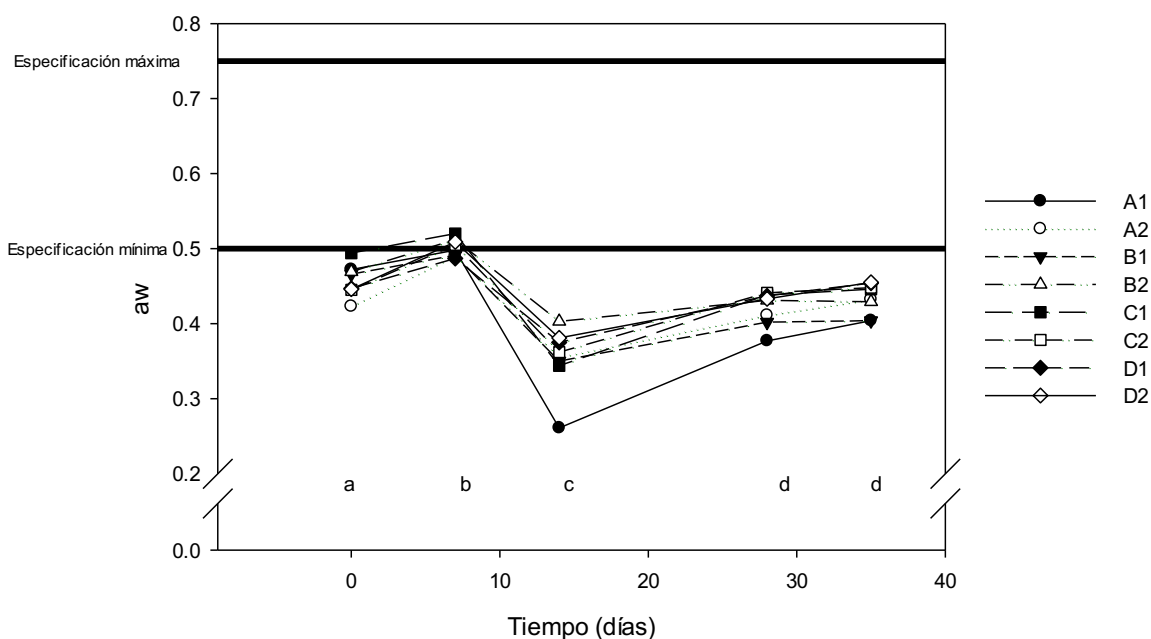


Figura 3.3 Cambio de actividad de agua con respecto al tiempo (días) de almacenamiento de *jellies* en condiciones aceleradas en cámara húmeda.

La determinación de actividad de agua permite conocer la cantidad de ésta cuando se encuentra libre en el alimento, de tal manera que, es posible conocer el riesgo físico (cambio de textura) y microbiológico que puede presentar el sistema modelo, además de, establecer una tendencia de comportamiento de los productos evaluados a lo largo del almacenamiento en condiciones óptimas y adversas.

En la figura 3.3 se observa que, después de una semana de almacenamiento el producto tiende a aumentar este parámetro, mientras que después de esta semana, el valor de  $a_w$  disminuye, situándose incluso por debajo del valor inicial, para después aumentar y permanecer relativamente constante. De acuerdo con el análisis estadístico, existe diferencia significativa entre los valores obtenidos a partir de la primera semana (7 días) hasta llegar a la semana 4 (28 días), después de esta fecha, el producto no muestra diferencia significativamente importante, lo que se puede traducir como un posible equilibrio a la humedad relativa con el medio de la cámara húmeda.

Los resultados de las determinaciones de actividad de agua de los productos almacenados en condiciones de humedad relativa baja se presentan en la figura 3.4, en dónde se incluyen las especificaciones mínimas y máximas de  $a_w$  para *jellies* según Bussiere y Serpelloni (1985). Las letras en la parte inferior indican que, si son iguales, no existe diferencia significativa entre los tiempos de evaluación de acuerdo con la prueba t de *student* a 5% de significancia.

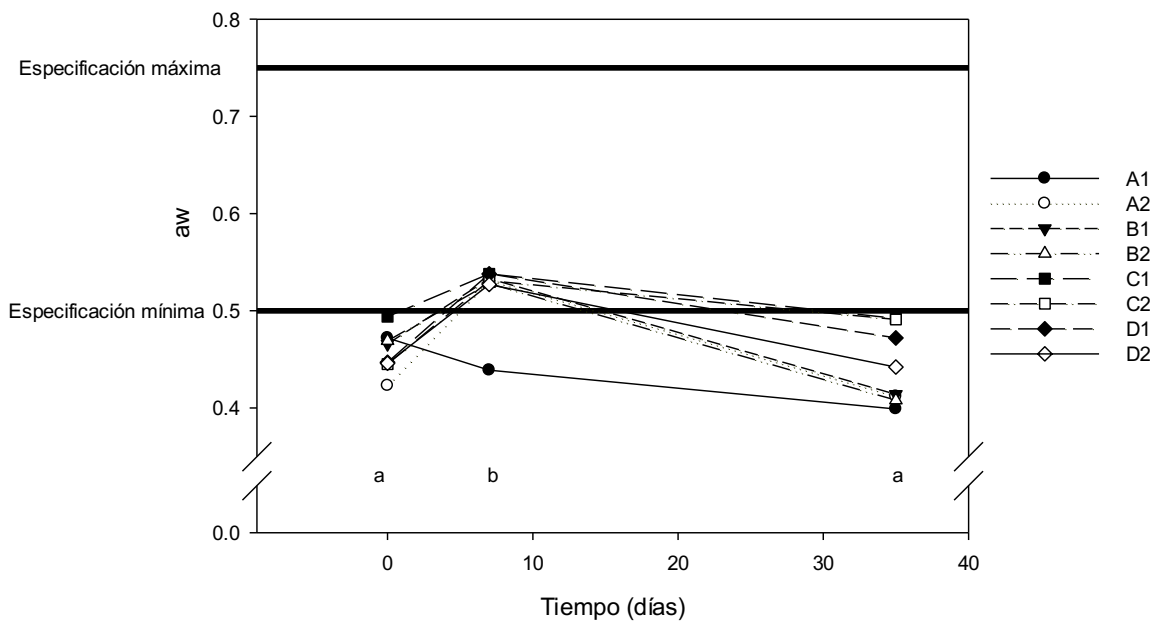


Figura 3.4 Cambio de actividad de agua con respecto al tiempo (días) de almacenamiento de *jellies* en condiciones aceleradas en cámara seca.

La cámara seca provoca un comportamiento diferente a la cámara húmeda, para la mayoría de las muestras (ver figura 3.4), excepto A1, existe un aumento de ésta a una semana de almacenamiento en la cámara, para después de tres semanas mostrar una disminución. El análisis estadístico demostró que no existe diferencia significativa entre la actividad de agua inicial y a la semana 5, pero sí existe diferencia significativa entre el tiempo 0 y la semana 1 y 5 de almacenamiento en la cámara seca (día 7 y 35 respectivamente), indicando que un periodo de almacenamiento mayor de 5 semanas afecta la estabilidad de las *jellies*.

Los valores especificados en la literatura reportan un intervalo de 0.50- 0.75 de actividad de agua (Bussiere y Serpelloni, 1985), los cuales, a lo largo del estudio, en ambas cámaras de almacenamiento, permanece por debajo del límite mínimo (ver figura 3.3 y 3.4), indicando que el agua libre es menor a la que define a un caramelo suave de tipo *jelly*. Esto representa una ventaja a nivel microbiológico, porque debajo de 0.60 no existe proliferación microbiana (Beuchat, 1981). Sin embargo, estos niveles sólo se han observado después de un periodo prolongado de almacenamiento bajo condiciones de humedad relativa baja. Sugiriendo que el producto presentó un periodo de secado rápido en el que perdió agua de más durante tal proceso, pudiendo representar efectos negativos en la textura del producto final (Hartel et al., 2010).

La tabla 3.4 contiene los datos de las funciones obtenidas para el estudio de cinética de reacción del cambio de actividad acuosa en las cámaras aceleradas (humedad relativa alta y baja). Las constantes de velocidad ( $k$ ) para reacciones de orden 0 y 1 son mostradas con el fin de conocer el comportamiento de las formulaciones analizadas, el 0 indica una dependencia lineal del cambio de actividad de agua en el producto durante su almacenamiento, en cambio, el 1 indica un cambio exponencial del parámetro en las condiciones dadas (Escobar, 2009). Así mismo, se muestran las  $R^2$  para verificar la tendencia a la linealidad.

Tabla 3.4 Resultados de las cinéticas de reacción del cambio de actividad de agua evaluados en condiciones de humedad relativa alta y baja.

<b>Cámara húmeda</b>				
<b>Formulación n</b>	<b>K (días<sup>-1</sup>) orden 0</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>K (días<sup>-1</sup>) orden 1</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
A1	-0.002	0.1324	-0.005	0.0812
A2	-0.001	0.0242	-0.001	0.0176
B1	-0.002	0.2934	-0.005	0.2594
B2	-0.002	0.3181	-0.004	0.3104
C1	-0.002	0.1162	-0.003	0.0849
C2	-0.0004	0.0136	-0.001	0.0085
D1	-0.0002	0.0054	-0.0004	0.0033
D2	-0.001	0.0245	-0.001	0.0185
<b>Cámara seca</b>				
<b>Formulación n</b>	<b>K (días<sup>-1</sup>) orden 0</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>K (días<sup>-1</sup>) orden 1</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
A1	-0.002	0.9246	<b>-0.004</b>	<b>0.9367</b>
A2	-0.001	0.1642	-0.003	0.1723
B1	-0.002	0.4990	-0.005	0.5351
B2	-0.003	0.5809	-0.006	0.6172
C1	-0.0005	0.1321	-0.001	0.1332
C2	0.0005	0.0521	0.001	0.0639
D1	-0.0002	0.0041	-0.0002	0.0019
D2	-0.001	0.1343	-0.002	0.1369

Las ecuaciones de las rectas de orden 0 y 1 (ver tabla 3.4) indican que el comportamiento de actividad de agua no sigue ninguno de esos órdenes, es decir, no presentan una tendencia lineal observable en las R<sup>2</sup> al tiempo de evaluación. Sin embargo, A1 en cámara seca es la única formulación con tendencia lineal de orden 1 (exponencial), aunque su velocidad de reacción es lenta (0.004 días<sup>-1</sup>), esto es, el valor es cercano a cero.

Al final, si bien es comprobable que existe diferencia en la actividad de agua determinada en el tiempo de evaluación a lo largo del almacenamiento en ambas cámaras (humedad relativa alta y baja) como condiciones críticas, no es posible analizar la velocidad de reacción a la que ocurren tales cambios durante el tiempo de estudio, ni qué formulación presenta velocidades de reacción mayores o menores. Demostrando así que, no existe una tendencia

lineal del cambio de  $a_w$ , únicamente se puede generalizar el comportamiento descendiente de la actividad de agua en todas las formulaciones almacenadas en ambas condiciones, esto viene dado por las pendientes negativas de la tabla 3.4.

### 3.1.3 Análisis sensorial

Las muestras se evaluaron con el mínimo requerido de jueces entrenados, quienes aportan la información suficiente del sistema analizado para su posterior interpretación de resultados. Por un lado, mientras más personas evalúen, se observará mejor una diferencia en la sensibilidad ante los criterios de evaluación, por otro lado, poca cantidad de jueces se compensa con la calidad de éstos (Micale, 2011).

El análisis tiene como objetivo conocer cualitativa y cuantitativamente el cambio del producto con respecto al tiempo, de acuerdo con diversas condiciones a las que fueron sometidos. Las calificaciones permiten tener un acercamiento entre la percepción del consumidor y el sistema, con el fin de obtener un perfil del mismo para conocer su comportamiento al largo del estudio.

Las tablas que contienen los resultados del análisis estadístico con t de *student* a un nivel de significancia del 5% para analizar la diferencia entre las muestras evaluadas y el tiempo de evaluación están en el anexo como tabla I.II. a, b y c para cámara húmeda, seca y ambiente, respectivamente.

A partir de dichos análisis se puede discutir que, desde la semana dos en condiciones húmedas, el producto de la formulación A2 y B2 ya son diferentes a control. En la semana 3, las formulaciones A1, A2 y B1 aumentan sus defectos y poseen diferencias notables por el juez, sin embargo, no representan un riesgo de rechazo. Con respecto a la semana 4, la evaluación no representa cambios significativos en las muestras. En la semana 5, los productos evaluados con mayor diferencia son A1, A2, B1, B2 y D2. Las formulaciones mencionadas presentaron los primeros cambios en los atributos

de color, humedad, dulzor, textura pegajosa y masticabilidad demostrando aumento en dichos criterios; mientras que, a partir de la semana 3, se agregó una disminución en la firmeza, en el dulzor y en la intensidad del sabor, para que una semana después se encontrara una disminución en la acidez que se potenció en la semana 5, junto con la disminución de firmeza, de intensidad de sabor y masticabilidad en las *jellies*.

En la figura 3.5 (izquierda cámara húmeda y derecha cámara seca) se observan los resultados globales de las evaluaciones sensoriales para cada semana de análisis en condiciones aceleradas. Se señala si existe diferencia significativa o no en las evaluaciones con base en la prueba t de student a un nivel de significancia del 5%. Los límites de riesgo y rechazo fueron establecidos por los jueces entrenados de acuerdo con la tabla 3.1.

Por un lado, con respecto al tiempo de prueba en la cámara húmeda, no existe diferencia entre las evaluaciones globales de los productos durante las primeras cuatro semanas, mientras que, la semana 5 representa el cambio drástico en los valores dados, como se muestra en la figura 3.5. Además, se observa que las formulaciones A2 y C1 tienen cambios mayores que ya se ubican en la zona de rechazo y zona de riesgo, respectivamente.

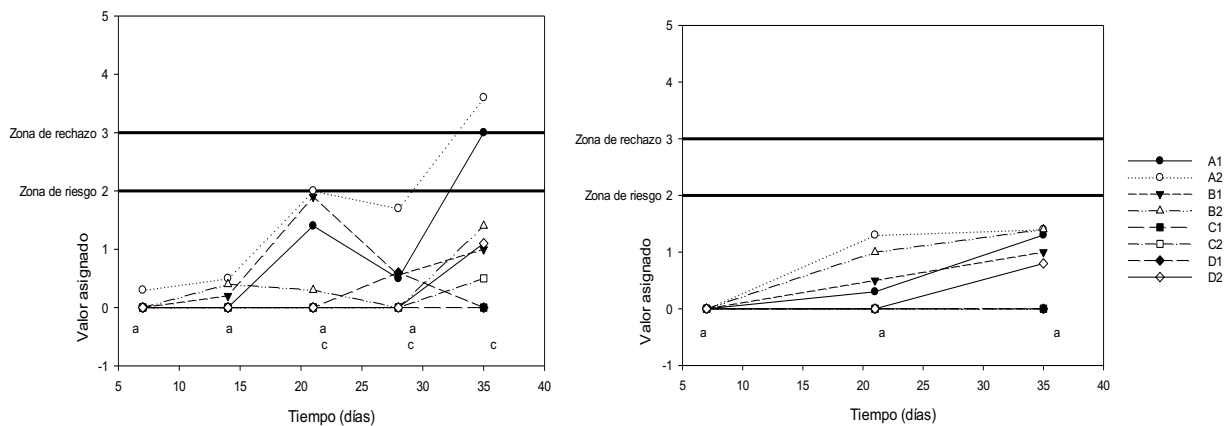


Figura 3.5 Evaluación sensorial global de cada producto almacenado en cámara húmeda (izquierda) y cámara seca (derecha) con respecto al tiempo de almacenamiento.

En la cámara seca, durante la primera semana, ninguna formulación representa cambios en los atributos evaluados. El producto de las formulaciones A2, B1 y B2 son diferentes a control a partir de la semana 3. Mientras que en la semana 5, las formulaciones A1, A2, B1, B2 y D2 aumentan sus defectos y poseen diferencias ligeras que apenas son notables por el juez, las cuales no representan un riesgo de rechazo. Las formulaciones mencionadas presentaron los primeros cambios a la semana 3 aumentando la intensidad en los atributos de color, dulzor y textura pegajosa y una disminución con respecto a la humedad, intensidad del sabor y acidez; mientras que en la semana 5, se notó un aumento más pronunciado en el color, humedad, textura pegajosa, masticabilidad y la aparición de una costra en la superficie, y adversamente, una disminución en la firmeza, intensidad del sabor, acidez y dulzor en las *jellies*. Con respecto al tiempo de evaluación, no existe diferencia entre las evaluaciones globales de los productos durante las primeras cinco semanas, y como se muestra en la Figura 3.5 (derecha), en donde se observa que todas las formulaciones permanecen por debajo de la zona de riesgo y sus evaluaciones están apenas rebasando la zona en donde apenas se notan los cambios con respecto a control.

El análisis cinético queda representado en la tabla 3.5. Se muestran las constantes de velocidad de orden 0 y 1, y sus respectivos coeficientes de correlación con la idea de verificar su comportamiento lineal. En cámara húmeda existen los datos necesarios para el cálculo de  $k$  (constante de rapidez) de orden 0 (dependencia directa entre la evaluación del producto y el tiempo de almacenamiento) y 1 (dependencia exponencial entre la evaluación del producto y el tiempo de almacenamiento). Sin embargo, para la cámara seca no, por lo que no fue posible calcular la regresión lineal de orden 1.

Los resultados de la tabla 3.5 demuestran que ambas cámaras afectan el desarrollo de defectos en el producto almacenado. En la cámara húmeda, sólo A2 presenta comportamiento lineal, siendo éste de orden 1, de tal manera, en A2 la velocidad de reacción ocurre exponencialmente, es decir su deterioro es



rápido ( $0.62 \text{ semanas}^{-1}$ ). Las formulaciones restantes no presentaron comportamiento lineal para ambos órdenes de reacción a tal condición acelerada. Por otro lado, las formulaciones almacenadas en la cámara seca sólo se analizaron para un comportamiento lineal de orden cero y se encontró que, A1, A2, B1 y B2 sufren un deterioro sensorial dependiendo directamente de la humedad relativa a la que fueron almacenados, siendo que la A2 y B2 presentan el avance de reacción más veloz que A1 y B1 respectivamente.

Tabla 3.5 Resultados de las cinéticas de reacción del cambio sensorial evaluado en condiciones de humedad relativa alta y baja.

<b>Cámara húmeda</b>				
<b>Formulación</b>	<b>K (semanas<sup>-1</sup>) orden 0</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>K (semanas<sup>-1</sup>) orden 1</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
A1	0.65	0.6593	0.15	0.1338
A2	0.78	0.8608	<b>0.62</b>	<b>0.9007</b>
B1	0.24	0.2427	0.10	0.0365
B2	0.24	0.4337	0.16	0.1430
C1	N/C	N/C	N/C	N/C
C2	0.10	0.5000	N/C	N/C
D1	0.06	0.1250	N/C	N/C
D2	0.22	0.5000	N/C	N/C
<b>Cámara seca</b>				
<b>Formulación</b>	<b>K (semanas<sup>-1</sup>) orden 0</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>K (semanas<sup>-1</sup>) orden 1</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
A1	<b>0.65</b>	<b>0.9119</b>	N/S	N/S
A2	<b>0.70</b>	<b>0.8033</b>	N/S	N/S
B1	<b>0.50</b>	<b>1.0000</b>	N/S	N/S
B2	<b>0.70</b>	<b>0.9423</b>	N/S	N/S
C1	0.00	N/C	N/S	N/S
C2	0.00	N/C	N/S	N/S
D1	0.00	N/C	N/S	N/S
D2	0.00	N/C	N/S	N/S

N/C: no hay cambio en la evaluación sensorial.

N/S: los resultados no son suficientes.

Las evaluaciones sensoriales de la cámara de humedad relativa media no demostraron ningún cambio, al menos a la semana 4 de evaluaciones, por lo tanto, no se incluye ningún análisis al respecto.

En conjunto, en el periodo de estudio, la determinación de humedad, actividad de agua y evaluación sensorial demuestran que, si bien es importante la información recabada a partir de las pruebas fisicoquímicas para conocer el comportamiento que sufre el producto a partir de un medio con humedad alta o baja, la evaluación sensorial es la que permite conjuntar información de ambos parámetros, esto para tener claro en qué momento el producto está en riesgo o se debe rechazar. Además, con las evaluaciones sensoriales se puede definir con mayor claridad, aquella formulación que mantiene sus cualidades iniciales por más tiempo, para tal efecto, se calcularon las vidas de anaquel aceleradas a partir de las cinéticas y se muestran los valores obtenidos en la tabla 3. 6, para las formulaciones que permitieron establecer un comportamiento lineal durante el tiempo de estudio. Se estableció de acuerdo con los jueces entrenados, que la calificación que daría fin a la vida útil sería 3, porque en ese momento los sistemas se encuentran en riesgo de ser rechazados por el consumidor.

Tabla 3.6 Vida útil estimada en condiciones aceleradas para el sistema modelo *jellies*.

<b>Formulación</b>	<b>HR alta</b>	<b>HR baja</b>
<b>A1</b>	N/L	1 mes 13 días
<b>A2</b>	1 mes 4 días	1 mes 7 días
<b>B1</b>	N/L	1 mes 22 días
<b>B2</b>	N/L	1 mes 8 días

N/L: la tendencia no es lineal.

La vida útil se calculó para A1 de acuerdo con la ecuación 3 y 4 que se muestran en seguida:

$$y = 0.65t - 0.77 \quad (3)$$

$$t = \frac{3+0.77}{0.65} = 5.8 \text{ semanas} \cong 1 \text{ mes } 13 \text{ días} \quad (4)$$

La estimación de vida útil indica que, la estabilidad de las *jellies* no se extiende a un tiempo mayor a 8 semanas (B1) bajo condiciones aceleradas de humedad relativa alta y baja. En tal caso, es necesario continuar con el estudio de vida de anaquel para observar el comportamiento del sistema bajo un ambiente óptimo.

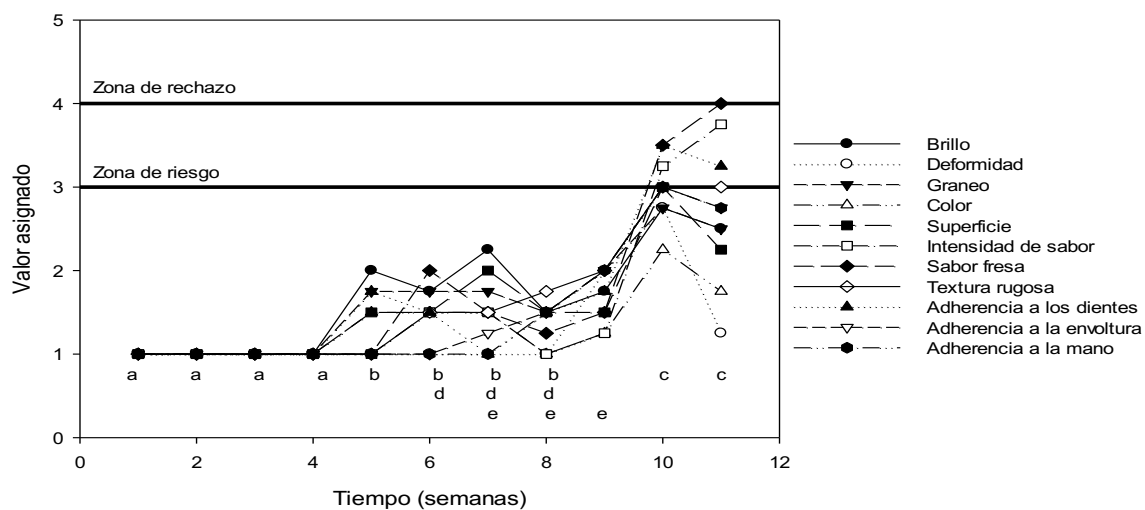
Por último, se encontró que existe relación entre los datos obtenidos a partir de las determinaciones de humedad y actividad de agua con respecto a la evaluación sensorial. En ésta última, siendo un método cualitativo y cuantitativo, es posible conocer el momento en el que el producto es rechazado. Por ejemplo, los jueces hallaron el mismo comportamiento del cambio de humedad en sus evaluaciones que el demostrado en las determinaciones fisicoquímicas. De tal forma, si bien, no existen límites de rechazo en estas determinaciones, se puede interrelacionar ambos criterios y al final se posee información relevante de la aceptación del producto por consumidores y su comportamiento interno durante el estudio de vida de anaquel acelerado.

## 3.2 Caramelo duro

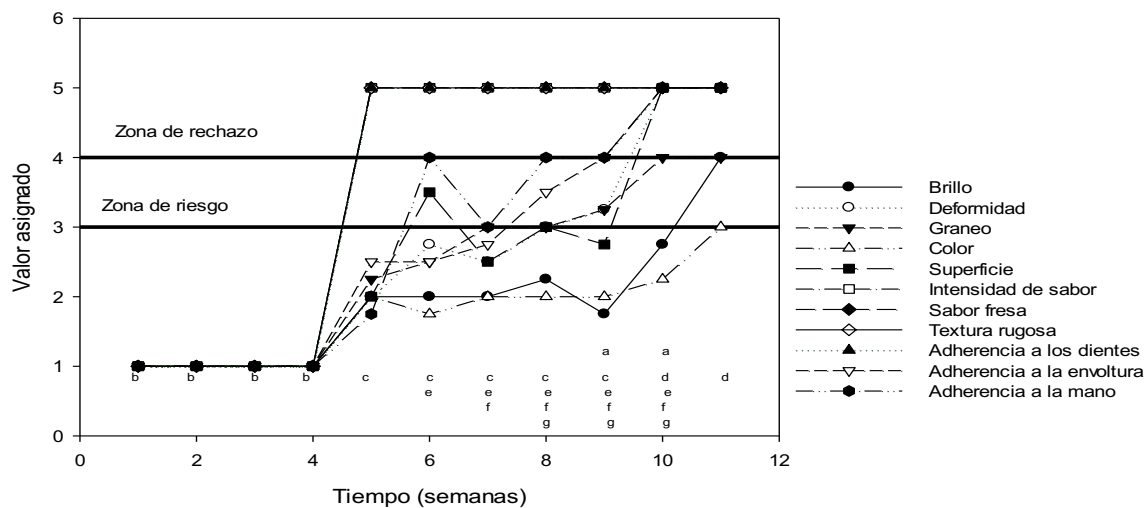
### 3.2.1 Análisis sensorial

Primeramente, los resultados de la evaluación sensorial de caramelo duro se muestran en la figura 3.6 en dónde se establecen los límites de riesgo y de rechazo dictadas por los jueces entrenados de acuerdo con la tabla 3.2. En la misma figura se observan los atributos establecidos que son apariencia (brillo, deformidad, graneado, color y superficie), de sabor (intensidad total y sabor fresa) y al tacto (textura rugosa, adherencia a los dientes, a la envoltura y a

la mano). El estudio *a posteriori* con nivel de significancia del 5% está demostrado con letras, las cuales indican si existe diferencia significativa (letras diferentes) o no (letras iguales) entre los tiempos de evaluación en condiciones aceleradas con envoltura (a) y sin envoltura (b).



(a)

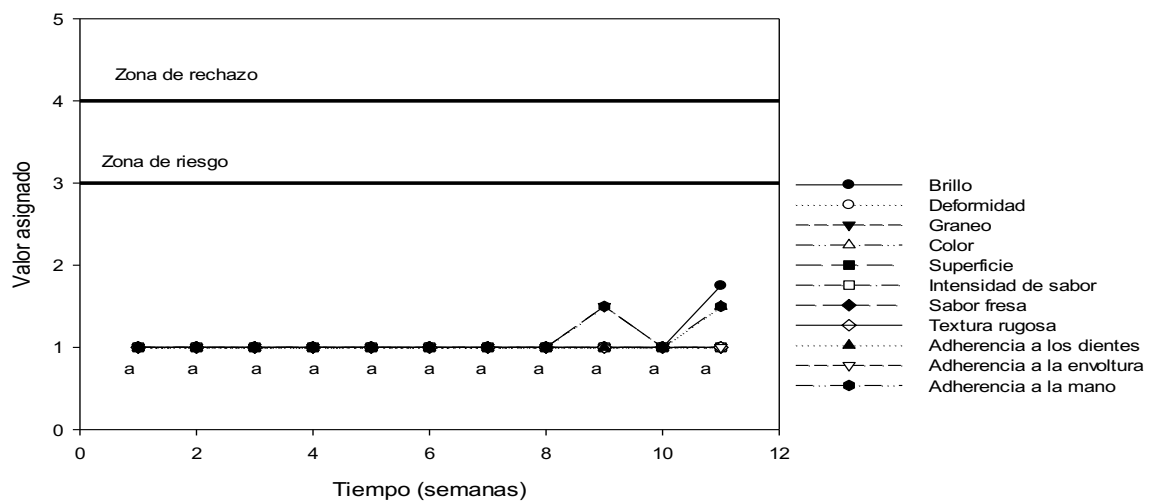


(b)

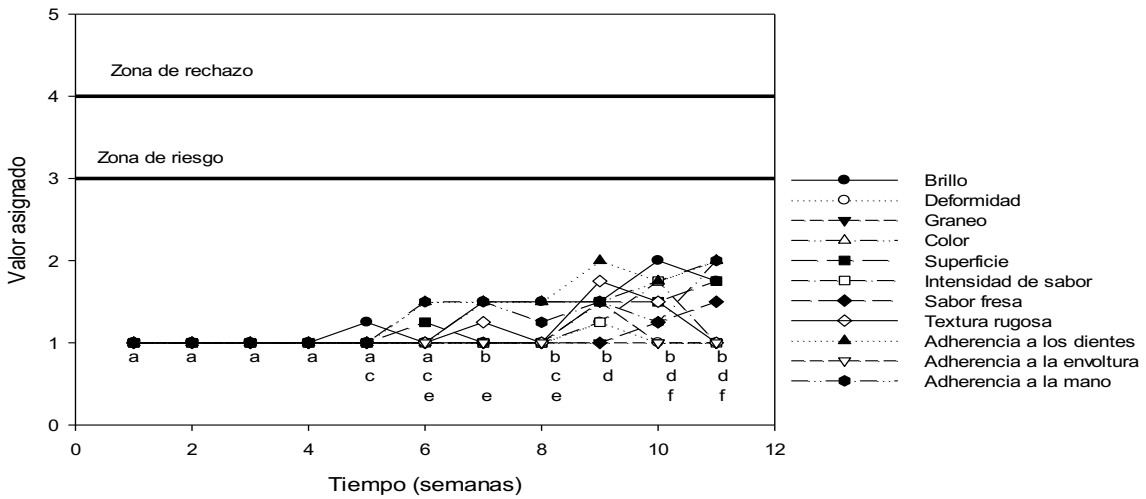
Figura 3. 6 Evaluación sensorial de caramelo modelo con envoltura (a) y (b) sin envoltura a condiciones de humedad relativa alta.

Después, los resultados de la evaluación sensorial de caramelo duro en condiciones óptimas (humedad relativa media) se muestran en la figura 3.7 en dónde se establecen los límites de riesgo y de rechazo dictadas por los jueces entrenados de acuerdo con la tabla 3.2. En la misma figura se observan

los atributos establecidos que son apariencia (brillo, deformidad, graneado, color y superficie), de sabor (intensidad total y sabor fresa) y al tacto (textura rugosa, adherencia a los dientes, a la envoltura y a la mano). El estudio a *posteriori* con nivel de significancia del 5% está demostrado con letras, las cuales indican si existe diferencia significativa (letras diferentes) o no (letras iguales) entre los tiempos de evaluación de almacenamiento con envoltura (a) y sin envoltura (b).



(a)



(b)

Figura 3. 7 Evaluación sensorial de caramelo modelo con envoltura (a) y sin envoltura (b) a condiciones de humedad relativa media.

Las figuras mostradas ilustran los criterios evaluados en el caramelo modelo bajo las diferentes condiciones elegidas. Cualitativamente, las condiciones que más afectan al producto son: cámara húmeda sin envoltura (ver figura 3.6 b), cámara de humedad relativa media sin envoltura (ver figura 3.7 b) y cámara húmeda con envoltura (ver figura 3.6 a). La condición que no afecta al producto, fungiendo como control, a lo largo del estudio es el almacenamiento con envoltura a condiciones ambiente (ver figura 3.7 a). Los cambios más notorios ocurren después de las 4 semanas de almacenamiento, siendo éstos: disminución de sabor, pérdida de brillo, aumento de la adherencia a los dientes, graneado y aumento de la textura rugosa los que resultan drásticos ante las condiciones de la cámara húmeda con y sin envoltura (ver figura 3.6). El almacenamiento sin envoltura en la cámara húmeda provoca tales cambios que, el producto ya no es determinado como uno de calidad. Mientras que, a condiciones ambiente, con y sin envoltura (ver figura 3.7), los mayores cambios ocurren en esta última, y los criterios más afectados son aumento de brillo, adherencia a la mano y textura rugosa. Sin embargo, éstos no determinan una condición de rechazo del producto, únicamente fue evaluado como ligeramente diferente en comparación con control.

De acuerdo con los resultados estadísticos obtenidos, es posible afirmar que después de la semana 5 ya existen diferencias significativas en las evaluaciones realizadas para el producto modelo evaluado en condiciones húmedas (ver figura 3.6). En promedio, las evaluaciones reflejan las calificaciones más altas durante el estudio, lo que significa que la cámara húmeda sí afecta al caramelo duro a lo largo del almacenamiento. Mientras que, para el estudio realizado en condiciones ambiente (ver figura 3.7), sólo existe diferencia significativa a partir de la semana 6 cuando el caramelo no está envuelto (figura 3.7 b).

Un análisis estadístico para encontrar diferencia significativa entre los productos almacenados con y sin envoltura, dependiendo de cada condición, acelerada o no. Tales resultados se muestran en la tabla 3.7 y ofrecen

información respecto a las evaluaciones promedio de los sistemas analizados para conocer el efecto del uso de envoltura durante el estudio de vida de anaquel. La prueba realizada fue t de *student* de las variables de estudio a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 3.7 Análisis estadístico de las variables estudiadas en caramelo duro.

<b>Condiciones</b>		<b>Evaluaciones</b>		
<b>Cámara</b>	<b>Envoltura</b>	<b>Promedio</b>	<b>S</b>	
Húmeda	Sí	1.6	0.7	a
Húmeda	No	2.8	1.5	
Ambiente	Sí	1.0	0.1	
Ambiente	No	1.2	0.2	a

Letras iguales indican que no hay diferencia significativa entre la humedad promedio evaluada a diferentes tiempos.

En la tabla 3.7 se observa que sí hay diferencia significativa entre los caramelos almacenados con y sin envoltura. Igualmente, como lo esperado, existe diferencia entre las condiciones de almacenamiento, cámara húmeda y ambiente. Sin embargo, no hay diferencia entre las condiciones de almacenamiento: cámara húmeda con envoltura y cámara ambiente (humedad relativa media) sin envoltura, de manera que, el efecto de utilizar una barrera en el almacenamiento de caramelo bajo condiciones húmedas se asemeja al causado por un almacenamiento a condiciones ambiente sin envoltura.

El estudio de cinética de reacción al cambio sensorial del producto caramelo duro se resume en la tabla 3.8, en dónde se establecen las constantes de velocidad (k) para los estudios de orden 0 y 1 (tendencia lineal o exponencial al cambio) de las cuatro condiciones analizadas. Al igual se muestran las  $R^2$  con el fin de demostrar su linealidad.

Tabla 3.8 Resultados de las cinéticas de reacción del cambio sensorial evaluado en caramelo.

<b>Condición</b>	<b>K (semanas<sup>-1</sup>) de orden 0</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>K (semanas<sup>-1</sup>) de orden 1</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Húmeda- C/Envoltura	0.18	0.7333	<b>0.11</b>	<b>0.8307</b>
Húmeda- S/Envoltura	<b>0.42</b>	<b>0.8775</b>	0.19	0.8135
Ambiente- C/Envoltura	0.01	0.3719	0.01	0.3726
Ambiente- S/Envoltura	0.05	0.8491	<b>0.04</b>	<b>0.8662</b>

La regresión lineal permite conocer el comportamiento de los sistemas analizados bajo las diferentes condiciones de almacenamiento, una pendiente positiva indica que los atributos evaluados van en aumento y, por lo tanto, se tiende al deterioro y rechazo del producto. De acuerdo con la tabla 3.8, las pendientes indican que la cámara húmeda afecta al producto almacenado en mayor grado en comparación con la cámara ambiente. Mientras que, en la cámara ambiente, el deterioro ocurre 2.7 veces (exponencialmente) más lento que incluso almacenando el producto en condiciones húmedas con envoltura. También se observa que el orden de reacción es 0, sugiriendo que la velocidad de reacción ocurre de manera lineal únicamente para la condición acelerada sin envoltura. Por lo tanto, es indispensable proveer un almacenamiento ideal con el uso de envoltura como manera de protección para las condiciones a las que se puede enfrentar el producto durante su vida de anaquel.

Finalmente, de acuerdo con la escala de evaluación propuesta por los jueces, una calificación mayor que 3 indica que el producto está en riesgo de ser rechazado por el consumidor, de manera que, suponiendo un deterioro acorde a las ecuaciones cinéticas obtenidas se estimó la vida útil del sistema modelo tal y como se demuestra en la tabla 3.9.



Tabla 3.9 Vida útil estimada para el sistema modelo de caramelo duro.

<b>Propuesta</b>	<b>Vida útil estimada</b>
<b>Húmeda-C/Envoltura</b>	3 meses 4 días
<b>Húmeda-S/Envoltura</b>	1 mes 18 días
<b>Ambiente-C/Envoltura</b>	N/L
<b>Ambiente-S/Envoltura</b>	7 meses 18 días

N/L: la tendencia no es lineal.

La vida útil se estimó de acuerdo con las ecuaciones 5 y 6, a partir de la propuesta almacenada a una humedad relativa media sin envoltura:

$$\ln(y) = 0.04t - 0.12 \quad (5)$$

Despejando:

$$t = \frac{\ln(y)+0.12}{0.04} = \frac{\ln(3)+0.12}{0.04} = 30 \text{ semanas} \cong 7 \text{ meses } 18 \text{ días} \quad (6)$$

La vida útil estimada del caramelo duro indica que bajo condiciones óptimas, es posible obtener una vida de anaquel de 7 meses 18 días (ambiente sin envoltura). Sin embargo, para un almacenamiento adverso, la vida se reduce 6 meses, acortando así su estabilidad.

## CONCLUSIONES.

Con base en los estudios realizados en *jellies*, las evaluaciones de humedad y actividad de agua aportan información relevante con respecto al comportamiento del producto durante el almacenamiento en condiciones adversas.

Existe relación entre los parámetros estudiados (humedad y actividad de agua) con la evaluación sensorial. Sin embargo, durante el tiempo de estudio, con la información obtenida a partir de los parámetros fisicoquímicos, no se puede definir la vida útil del producto. Por lo que, únicamente con el análisis sensorial se puede conocer la estabilidad de las diversas formulaciones y aproximar la vida útil en condiciones aceleradas. Siendo en orden ascendente, A2 tiene una vida de 1 mes 7 días, B2 de 1 mes 8 días, A1 tiene una vida de 1 mes 13 días, y B1 de 1 mes 22 días en condiciones de humedad relativa baja. En cambio, en humedad relativa alta, A2 tiene una vida de 1 mes 4 días.

Sensorialmente, los atributos evaluados de apariencia (cambio de color y aumento de humedad), de sabor (cambio de dulzor, acidez e intensidad de sabor) y de textura (aumento de textura pegajosa, masticabilidad y firmeza) fueron los criterios que los jueces hallaron como determinantes para calificar a la vida útil del sistema modelo *jelly*.

Con respecto a caramelo duro, los atributos que sufren los cambios drásticos son pérdida de sabor, aumento de brillo, adherencia a los dientes y a la mano, graneado y aumento de textura rugosa. La vida útil del producto resultó, bajo condiciones ideales, ser de 7 meses 18 días, en condiciones de humedad relativa alta con envoltura de 3 meses 4 días y sin envoltura de 1 mes 18 días. Resultando así que, la cámara de humedad relativa media afecta en menor grado al producto, además de que el uso de una barrera ante el intercambio de humedad resulta funcional ante una condición adversa.

Finalmente, los sistemas analizados permiten concluir que la evaluación sensorial es un criterio importante por la cantidad y calidad de la información que aporta al estimar la vida útil de un producto de confitería, esto al menos para los analizados en el trabajo.

Establecer las condiciones óptimas de almacenamiento aseguran la estabilidad del producto durante su vida de anaquel.

## BIBLIOGRAFÍA

Armolik, N. & Dickson, J. (1956). Minimum humidity requirements for germination of conidia associated with storage of grain. *Phytopathology*, 46, 462– 465.

Araújo, N.A., Borges, S., Soares, L. S., Cazelli, I. S., Vieira, C. & Halboth, N. V. (2012) Influence of color on acceptance and identification of flavor of foods by adults. *Food Science and Technology (Campinas)*, 32 (2), 296-301.

Baiano, A. & Del Nobile, M. (2005). Shelf life extension of almond paste pastries. *Journal of Food Engineering*, 6, 487-495.

Barnett, M. (1990). Cap. 8 Sugar in confectionery. En Neil Pennington & Charles W. Baker (Ed.), *Sugar: A user's guide to sucrose* (pp.103-179). Westport Connecticut, EUA: AVI Publishing Company.

Beard, G. E. (2001). Moisture measurement: An overview. *Manufacturing Confectioner*, 81 (6), 73–80.

Bedolla, S., Dueñas, C., Esquivel, I., Favela, T., Guerrero, R., Mendoza, E., Navarrete, A., Olguín, L., Ortíz, J., Pacheco, O., Quiroz, M., Ramírez, A. & Trujillo, M. (2004). Cap. 5 Confitería. *Introducción a la tecnología de alimentos* (pp. 131-147). Segunda edición. México: Editorial Limusa.

Bender, D. A. (2009). *A Dictionary of Food and Nutrition*, Tercera edición. Inglaterra: Oxford University Press.

Beuchat, L. R. (1981). Microbial stability as affected by water activity. *Cereal Foods World*, 26 (7), 345–349.

Bradley, R. L. Jr. (2010) Cap. 6 Moisture and Total Solids Analysis. En Nielsen, S. (Ed.), *Food Analysis* (pp. 85-104).

Breen, S. & Monaghan, R. (1975). Moisture measurement. En Gaffney, J. J. (Ed.), *Quality Detection in Foods* (pp. 102–105). Michigan, EUA: American Society of Agricultural Engineers.

Bussiere, G. & Serpelloni, M. (1985). Confectionery and water activity determination of  $a_w$  by calculation. En Simato, D. & Multon, J. L. (Eds.), *Properties of Water in Foods in Relation to Quality and Stability* (pp. 627–645). Dordrecht, Países Bajos: Martinus Nijhoff Publishers.

Cakebread, C. (1980). *Dulces elaborados de azúcar y chocolate*. España: Editorial Acribia.

CFR (Code of Federal Regulations). (2017). Food and drugs. Título 21: Vol. 2 y Vol. 3. Recuperado el 2 de marzo de 2018, de <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=101.9> y <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=172.620>.

CODEX STAN 212-1999. (2001) Norma del CODEX para los azúcares. Recuperado el 8 de marzo de 2018, de [www.fao.org/input/download/standards/338/CXS\\_212s\\_u.pdf](http://www.fao.org/input/download/standards/338/CXS_212s_u.pdf).

Corrigan, V., Hedderley, D. & Harvey, W. (2012) Modeling the shelf life of fruit-filled snack bars using survival analysis and sensory profiling techniques. *Journal of Sensory Studies*, 27, 403-418.

D'Alton, G. (1969). A graphical interpolation method. *Confectionery Manufacture Market*, 3, 184–186.

Déléris, I., Saint-Eve, A., Dakowski, F., Sémon, E., Le Quéré, J., Guillemain, H., & Souchon, I. (2011) The dynamics of aroma release during consumption of candies of different structures, and relationship with temporal perception. *Food Chemistry*, 127, 1615-1624.

De Man, J. M. (1999). Principles of Food Chemistry. Tercera edición. Gaithersburg, Maryland: Editorial Aspen Publishers.

Derossi, A., Mastrandrea, L., Amodio, M. L., de Chiara, M. L. V., & Colelli, G. (2016). Application of multivariate accelerated test for the shelf life estimation of fresh-cut lettuce. *Journal of Food Engineering*, 169, 122–130.

Díaz, J. & Garduño, A. (1978) ¿Sabe usted que diferencia existe entre un caramelo suave y duro?, *Dulcelandia*, 38 (459), 8-12.

Edwards, W. P. (2000). Cap. 10 Gums, gels products and liquorice. En *The Science of Sugar Confectionery*. Cambridge: Royal Society of Chemistry.

Ergun, R., Lietha, R. & Hartel, R. W. (2010) Moisture and Shelf Life in Sugar Confections: Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 50 (2), 162-192.

Eeles, M. Groves, K. & Murphy, O. (2002) Microstructure of confectionery gums and its relationship to shelf life. Leaderhead Food Research Association Research report 806.

Elmadfa, I., Muskat, E. & Fritzsche, D. (2011) Tabla de aditivos. Los números E. Colección Herakles. Barcelona, España: Editorial Hispano Europea.

Escobar, G. A. (2009) Efecto de la temperatura sobre la cinética del deterioro químico de alimentos para mascota. Tesis para obtener el título de Química de Alimentos. Facultad de Química, UNAM.

European Commission. Preparatory study on food waste across EU 27.

(2010). Recuperado el 13 de marzo de 2018, de: [http://ec.europa.eu/environment/archives/eussd/pdf/bio\\_foodwaste\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/archives/eussd/pdf/bio_foodwaste_report.pdf).

Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos FEUM (2015) Gelatina. Aditivos. Recuperado el 26 de mayo de 2018, de: <http://www.farmacopea.org.mx/Repositorio/Documentos/110.pdf>

Fontana, A. (2005). Water activity for predicting quality and shelf life. *Manufacturing Confectioner*, 85(11), 45–51.

García, M. A. (1992) Manual de confitería. Tesis para obtener el título de Ingeniera de Alimentos. FES Cuautitlán.

Gareis, H. & Schrieber, R. (2007) Cap. 1 Introduction y Cap. 2 From collagen to gelatine. En *Gelatine handbook: Theory and Industrial Practice* (pp. 1-117). Alemania: Wiley.

Giménez, A., Ares, F. & Ares, G. (2012). Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches. *Food Research International*, 49, 311–325.

Giménez, A., Gagliardi, A. & Ares, G. (2017) Estimation of failure criteria in multivariate sensory shelf life testing using survival analysis. *Food Research International*, 99, 542–549.

Glicksman, M. (1969) Gum technology in the food industry. San Diego, California: Academic.

Gock, M., Hocking, A., Pitt, J. & Poulos, P.G. (2003) Influence of temperature, water activity and pH on growth of some xerophilic fungi. *International Journal of Food Microbiology*, 81, 11-19.

Granato, D., de Araújo Calado, V. M. & Jarvis, B. (2014). Observations on the use of statistical methods in food science and technology. *Food Research International*, 55, 137–149.

Grover, R. (1982) Cap. 10 Shelf-life. En *The manufacturing Confectioner* (pp. 53-57).

Groves, R. (1995) Shelf-life and preservatives. *Candy industry*, 160 (6), 28.

Hartel, R., Ergun, R. & Vogel, S. (2010) Phase/State Transitions of Confectionery Sweeteners: Thermodynamic and Kinetic Aspects. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10, 17-32.

Hough, G. (2010). Sensory shelf life estimation of food products. Florida: Taylor & Francis.

Hough, G., Garrita, L. & Sánchez, R. (2004). Determination of consumer acceptance limits to sensory defects using survival analysis. *Food Quality and Preference*, 15, 729–734.

Heinze P. & Isengard, H. D. (2001). Determination of the water content in different sugar syrups by halogen drying. *Food Control*, 12, 483–486.

IFST (1993). Shelf life of foods: Guidelines for its determination and prediction. London: Institute of Food Science and Technology.

Isengard H. D. (2001). Water content, one of the most important properties of food. *Food Control*, 12, 395–400.

Isengard, H. D. & Heinze, P. (2003). Determination of total water and surface water in sugars. *Food Chemistry*, 82 (1), 169–172.

Isengard, H. D. & Prager, H. (2003). Water determination in products with high sugar content by infrared drying. *Food Chemistry*, 82, 161–162.

James, D. (1990). Cap. 1 Sugar. En *Confectionery Manufacture*. EUA: Editorial Springer.

Kilara A. (1981). Water activity and its role in food preservation and deterioration (pp. 38–45). 35th PMCA Production Conference.

Klacik, K. (1993). Syrup cooking technology. *The manufacturing confectioner*, 73 (6), 59-72.



Knetchel Laboratories. (1996). Chemical analysis and its application to candy technology. Skokie, Illinois, EUA.

Labuza T. P., Lee, R. Y., Flink, J. & McCall, W. (1976). Water activity determination: A collaborative study of different methods. *Journal of Food Science*, 42, 910–917.

Lawless, H., & Heyman, H. (2010). *Sensory evaluation of food. Principles and practices*. Nueva York: Springer.

Lees, R. (1979). The manufacture of sugar confectionery jellies. *Confectionery Production*. 45(1), 22.

Lees, R. (1980). *Faults, causes and remedies in sweet and chocolate manufacture*. Surbiton: Specialised Publications Limited.

Levi, G. & Karel, M. (1995). The effect of phase transitions on release of n-propanol entrapped in carbohydrate glasses. *Journal of Food Engineering*, 24(1), 1–13.

Man, D. (2004). *La caducidad de los alimentos*. España: Editorial Acribia.

*Manual de Laboratorio de Alimentos II* (2017). Capítulo 3. Determinación de la vida de Anaquel. 41-44.

Martins, S., Jongen, W. & van Boekel, M. (2001) A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Food Science & Technology*, 11, 364-373.

Mathlouthi, M. (2001). Water content, water activity, water structure and the stability of food stuffs. *Food Control*, 12, 409–417.

Micale, A. (2011). Cap. 29 El análisis sensorial. En *La interpretación sensorial del vino*. Curso superior de degustación. Argentina: Editora Andina Sur-INTA.

Minifie, B. W. (1970). Moisture determination by handy instrument aids line adjustment. *Candy Industry and Confectioners' Journal*, 135(9), 5–6, 19.

Minifie, B.W. (1999). *Chocolate, Cocoa and Confectionery*. Tercera edición. Nueva York: Editorial Aspen.

Nielsen, S. (2003). *Food analysis*. Tercera edición. Gaithersburg, Maryland: Aspen publishers.

Pancoast, H. M. & Junk, W. R. (1980). *Handbook of Sugars*. Segunda edición. Westport, Connecticut: AVI Publishing Company.

Piggott, J. R., Simpson, S. J., & Williams, S. A. R. (1998). Sensory analysis. *International Journal of Food Science & Technology*, 33(1), 7–12.

Pitt, J.I. & Christian, J.H.B. (1968). Water relations of xerophilic fungi isolated from prunes. *Applied Microbiology*, 16, 1853– 1858.

Pitt, J.I. & Hocking, A.D. (1997). *Fungi and food spoilage*. Segunda edición. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers.

Povea, I. (2014) Cap. 3 La función del envase en la protección de las propiedades de los alimentos. En *La función del envase en la conservación de alimentos* (pp. 87-264). México: ECOE Ediciones.

Schober, A. L., & Peterson, D. G. (2004). Flavor release and perception in hard candy: Influence of flavor compound-compound interactions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (9), 2623-2627.

Scott WJ. (1953). Water relations of *Staphylococcus aureus* at 30 °C. *Australian Journal of Biological Sciences*, 6, 549-64.

Sloan, A. E. & Labuza, T. P. (1975). Prediction of water activity lowering ability of food humectants at high  $a_w$ . *Journal of Food Sciences*, 41, 532–535.

Sloan, A. E. & Labuza, T. P. (1976). Humectant water sorption isotherms. *Food Product Development*, 70.

Smith, P. R. (1965). A new apparatus for the study of moisture sorption by starches and other food stuffs in humidified atmospheres. En A. Wexler & W. A. Wildhack, (Eds.), *Humidity and moisture* (Vol III, pp. 487–494). Princeton, Nueva Jersey: Van Nostrand-Reinhold.

Snow, D. (1949). Germination of mould spores at controlled humidities. *Annals of Applied Biology*, 36, 1– 13.

Subramaniam, P. (2011). The stability and shelf life of confectionery products. *Food and Beverage Stability and Shelf Life* (pp. 716-742).

Sudharsan, M. B., Ziegler, G. R. & Duda, J. L. (2004). Modeling diffusion of moisture during stoving of starch-molded confections. *Food and Bioproducts Processing*, 82(C1), 60–72.

Supartona, W. & Isengard, H. D. (1998). Karl Fisher titration as an alternative method for determining the water content of cloves. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 31, 402–405.

Torrieri, E. (2016) Storage Stability: Shelf Life Testing. *Encyclopedia of Food and Health*, 188- 192.

Troller, J. A. & Christian, J. H. (1978). *Water Activity and Food*. Nueva York, EUA: Academic Press.

Von Elbe, J. H. (1986). Measurement of water activity in confections. *Manufacturing Confectioner*, 66(11), 51–52, 54–56.

Yu, P., Low, M. Y. & Zhou, W. (2017). Design of experiments and regression modelling in food flavour and sensory analysis: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 72, 202-215.

## ANEXO

Tabla I.I Resultados del análisis de humedad en *jellies* en condiciones ambiente.

		Humedad %	
		0	28
Muestras	Tiempo (días)		
	A1	4.77	4.27
	A2	3.86	3.16
	B1	4.52	4.92
	B2	5.07	5.73
	C1	5.66	5.20
	C2	5.44	5.02
	D1	4.97	5.16
D2	5.42	5.23	

Tabla I.II. a. Resultados de las evaluaciones sensoriales para demostrar diferencia entre las formulaciones de *jellies* evaluadas cada semana a condiciones de HR alta con  $\alpha$  del 5% (letras iguales indican que no existe diferencia significativa entre las formulaciones).

Tiempo (días)	Muestra evaluada	Global promedio	s	
7	A1	0.0	0.0	a
	A2	0.3	0.5	a
	B1	0.0	0.0	a
	B2	0.0	0.0	a
	C1	0.0	0.0	a
	C2	0.0	0.0	a
	D1	0.0	0.0	a
	D2	0.0	0.0	a
14	A1	0.0	0.0	a
	A2	0.5	0.5	b
	B1	0.2	0.4	a
	B2	0.4	0.5	b
	C1	0.0	0.0	a
	C2	0.0	0.0	a
	D1	0.0	0.0	a
	D2	0.0	0.0	a
21	A1	1.4	1.2	a
	A2	2.0	1.2	a
	B1	1.9	1.4	a
	B2	0.3	0.5	b
	C1	0.0	0.0	b
	C2	0.0	0.0	b
	D1	0.0	0.0	b
	D2	0.0	0.0	b
28	A1	0.5	0.5	a
	A2	1.7	0.9	a
	B1	0.6	0.5	a
	B2	0.0	0.0	a
	C1	0.0	0.0	a
	C2	0.0	0.0	a
	D1	0.6	0.5	a
	D2	0.0	0.0	a
35	A1	3.0	0.9	a
	A2	3.6	0.5	a
	B1	1.0	1.1	b
	B2	1.4	0.8	b c
	C1	0.0	0.0	d
	C2	0.5	0.5	b d
	D1	0.0	0.0	d
	D2	1.1	0.9	b c

Tabla I.II. b. Análisis estadístico de las evaluaciones sensoriales para demostrar diferencia entre las formulaciones evaluadas cada semana a condiciones de HR baja con  $\alpha$  del 5% (letras iguales indican que no existe diferencia significativa entre las formulaciones).

Tiempo (días)	Muestra evaluada	Global promedio	s	
7	A1	0.0	0.0	a
	A2	0.0	0.0	a
	B1	0.0	0.0	a
	B2	0.0	0.0	a
	C1	0.0	0.0	a
	C2	0.0	0.0	a
	D1	0.0	0.0	a
	D2	0.0	0.0	a
21	A1	0.3	0.7	a
	A2	1.3	0.8	b
	B1	0.5	0.7	a c
	B2	1.0	0.8	a b c
	C1	0.0	0.0	a c
	C2	0.0	0.0	a c
	D1	0.0	0.0	a c
	D2	0.0	0.0	a c
35	A1	1.3	0.8	a
	A2	1.4	1.1	a b
	B1	1.0	0.9	a b c
	B2	1.4	1.0	a b c d
	C1	0.0	0.0	
	C2	0.0	0.0	
	D1	0.0	0.0	
	D2	0.8	0.6	a b c d

Tabla I.II. c. Análisis estadístico de las evaluaciones sensoriales para demostrar diferencia entre las formulaciones evaluadas cada semana a condiciones de HR ambiente con  $\alpha$  del 5% (letras iguales indican que no existen diferencias significativas ente las formulaciones).

Tiempo (días)	Muestra evaluada	Global promedio	s	
7	A1	0.0	0.0	a
	A2	0.0	0.0	a
	B1	0.0	0.0	a
	B2	0.0	0.0	a
	C1	0.0	0.0	a
	C2	0.0	0.0	a
	D1	0.0	0.0	a
	D2	0.0	0.0	a
28	A1	0.0	0.0	a
	A2	0.0	0.0	a
	B1	0.0	0.0	a
	B2	0.0	0.0	a
	C1	0.0	0.0	a
	C2	0.0	0.0	a
	D1	0.0	0.0	a
	D2	0.0	0.0	a