



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“FORMULACIÓN DE UN DULCE A BASE DE
CONCENTRADO PROTEICO DE SUERO LÁCTEO”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICO EN ALIMENTOS**

PRESENTA

MARÍA GUADALUPE RANGEL GALICIA

DIRIGIDA POR

Dr. CARLOS REGALADO GONZÁLEZ

SANTIAGO DE QUERÉTARO, QRO., OCTUBRE 2005

BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

No. Adq. H70572

No. Título _____

Clas. TS

641.373

R196F



FORMULACION DE UN LECHE A BASE DE
CONCENTRADO PROTEICO DE SUERO LACTEO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO EN ALIMENTOS

PRESENTA

MARIA GUADALUPE RANGEL GALICIA

DIRIGIDA POR

DR. CARLOS REGALADO GONZALEZ

SANTIAGO DE QUERETARO, CRO., DE FEBRE 1968

BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“FORMULACIÓN DE UN DULCE A BASE DE
CONCENTRADO PROTEICO DE SUERO LÁCTEO”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICO EN ALIMENTOS**

PRESENTA

MARÍA GUADALUPE RANGEL GALICIA

DIRIGIDA POR

Dr. CARLOS REGALADO GONZÁLEZ

SINODALES

Dr. CARLOS REGALADO GONZÁLEZ

DIRECTOR

M. EN C. BLANCA E. GARCÍA ALMENDÁREZ

SINODAL

Q. EN A. RAFAEL PÉREZ MUÑOZ

SINODAL

ING. FRANCISCO QUINTANILLA GUERRERO

SINODAL

AGRADECIMIENTOS A:

De ante mano al Dr. Carlos Regalado Gonzáles y a la M. en C. Blanca García por haberme permitido realizar mi tesis y obtener más conocimientos durante la estadía.

Al Ing. Francisco Quintanilla Guerrero por sus asesorías durante la parte experimental de la tesis.

Así como al Q. en A. Rafael Pérez Muñoz por el tiempo dedicado.

Además a Marilú, Tere, Anayanci, Diana y Estrella por el apoyo otorgado y sobre todo por su amistad (más de mil gracias chicas).

A la M. en C. Claudia Alvarado y al M. en C. Lorenzo y a toda la gente que hizo posible terminar, ya que sin su ayuda esto estaría inconcluso; de ante mano agradezco el tiempo dedicado.

DEDICATORIA A:

¡Dios mío!, ¡cuántos beneficios me has hecho en el curso de mi vida! Gracias te doy por ellos con toda mi alma. El haber llegado a este día es un efecto de tu bondad, consagrándote mis pensamientos, deseos, palabras, acciones y penas...

*A mis padres y a mis padrinos como un testimonio de cariño y eterno agradecimiento por mi existencia, valores morales y formación. Porque sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y porque nunca podré pagar todos sus desvelos ni aún con las riquezas mas grandes del mundo. Por los que soy y por el tiempo dedicado pensando en mi...
¡mil gracias!... con amor y gran respeto.*

A Claudia "mil gracias" por estar presente en los buenos y sobre todo en los momentos de flaqueza, tú, estando allí con gran fortaleza y alegría, con palabras de aliento y sobre todo dedicación, al gran apoyo, hermana, eres una persona de admiración y recuerda que te quiero mucho, nunca lo olvides donde quiera que te encuentres...

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	
I. INTODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
II.1 El problema de la desnutrición	2
II.1.1 Las golosinas	2
II.1.2 Las proteínas en los alimentos	5
II.2 La leche	8
II.3 El suero lácteo	8
II.3.1 Proteínas del suero lácteo	10
II.3.1.1 β -lactoglobulina	10
II.3.1.2 α -lactalbúmina	10
II.3.1.3 Inmunoglobulinas	13
II.3.1.4 Albúmina de Suero Bovina (BSA)	13
II.3.1.5 Lactoperoxidasa	13
II.3.1.6 Lactoferrina	13
II.3.1.7 Péptidos	14
II.3.1.8 Caseína Glucomacropéptido (GMP)	14
II.3.2 Contenido de lactosa en el suero	15
II.4 Aislado de Proteína del Suero (WPI)	16
II.5 Concentrado de Proteína del Suero (WPC)	18

II.5.1 Propiedades funcionales del WPC	19
II.5.1.1 Solubilidad	19
II.5.1.2 Retención de agua	20
II.5.1.3 Gelación	20
II.5.1.4 Adhesión	21
II.5.1.5 Emulsificación	21
II.5.1.6 Espumabilidad	22
II.5.2 Métodos de concentración del WPC	22
II.5.3 Usos del WPC en los alimentos	24
II.6 Reconstitución, enriquecimiento, alimentos formulados y fortificados.	25
II.7 Análisis proximal de calidad del dulce	26
II.8 Humedad en alimentos	28
II.9 Actividad de agua (A_w)	29
II.10 Distribución del agua en los alimentos	29
II.11 Calidad microbiológica en productos lácteos	31
II.12 Textura en los alimentos	31
III. HIPÓTESIS	35
IV. OBJETIVOS	36
IV.1 General	36
IV.1 Específicos	36
V. METODOLOGÍA	37
V.1 Materiales	37
V.1.1 Ingredientes	37
V.2 Obtención del WPC y la formulación del dulce sabor fresa, chocolate y almendra	38

V.2.1 Obtención del WPC	38
V.2.2 Obtención de la formulación del dulce sabor fresa, chocolate y almendra	38
V.3 Análisis proximal del WPC y el dulce en tres sabores	39
V.3.1 Humedad y sólidos totales	39
V.3.2 Proteína	39
V.3.3 Grasa	41
V.3.4 Cenizas	41
V.3.5 Azúcares reductores	42
V.3.6 pH	43
V.3.7 Determinación de calcio	44
V.3.8 Actividad de agua (Aw)	45
V.4 Análisis de Perfil de Textura	45
V.5 Evaluación de la vida de anaquel	45
V.6 Índice de peróxido	46
V.7 Parámetros microbiológicos	47
V.8 Análisis sensorial	48
VI. RESULTADOS	50
VII. DISCUSIÓN	93
VIII. CONCLUSIONES	97
IX. BIBLIOGRAFÍA	99
ANEXOS	
Curva de calibración para lactosa (Dubois, 1956)	
Curva de calibración para glucosa (Dubois, 1956)	
Curva de calibración para calcio (fotometría de absorción atómica)	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1	Concentración de aminoácidos esenciales en la proteína de proteína de referencia, total del huevo, de la leche, del suero, β -lactoglobulina (β -LG) y α -lactoalbúmina (α -LA).
2	Requerimientos estimados de aminoácidos (mg/kg/día).
3	Composición de las proteínas de la leche.
4	Composición aproximada del suero (%) p/v.
5	Peso molecular, pH, punto isoelectrico (pI) y temperatura de desnaturalización (Td) de proteínas del suero.
6	Composición típica de productos de suero (% base seca).
7	Composición proximal de los WPC's más utilizados en la producción de alimentos en base seca.
8	Actividad de agua (Aw) y crecimiento de microorganismo en los alimentos.
9	Análisis proximal del WPC obtenido contra el WPC comercial.
10	Análisis proximal del dulce formulado sabor fresa, chocolate y almendra.
11	Índice de peróxido a 25°C de almacenamiento en los dulces sabor fresa, chocolate y almendra.
12	Índice de peróxido a 30°C de almacenamiento en los dulces sabor fresa, chocolate y almendra.
13	Índice de peróxido a 38°C de almacenamiento en los dulces sabor fresa, chocolate y almendra.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Conceptos utilizados en investigaciones asociadas a las golosinas.	4
2	Cambios que ocurren en los alimentos en función de la actividad de agua a 20 °C. a)Oxidación de lípidos, b)reacciones hidrolíticas, c)oscurecimiento no enzimático, d)isoterma del contenido de humedad, e)actividad enzimática, f) crecimiento de hongos, g)crecimiento de levaduras, h)crecimiento de bacterias.	32
3	Curva de Análisis Típico de Perfil de Textura (TPA).	34
4	Formato de encuesta para la degustación del dulce sabor fresa y chocolate para el análisis estadístico utilizando el paquete JMP4 (2001).	49
5	Variación del pH con respecto al tiempo de almacenamiento a 25°C en el dulce formulado sabor chocolate, almendra y fresa.	52
6	Variación del pH con respecto al tiempo de almacenamiento a 30°C en el dulce formulado sabor chocolate, almendra y fresa.	53
7	Variación del pH con respecto al tiempo de almacenamiento a 38°C en el dulce formulado sabor chocolate, almendra y fresa.	54
8	Variación de la actividad de agua (Aw) con respecto al tiempo de almacenamiento a 25°C en el dulce formulado sabor chocolate, almendra y fresa.	55
9	Variación de la actividad de agua (Aw) con respecto al tiempo de almacenamiento a 30°C en el dulce formulado sabor chocolate, almendra y fresa.	56
10	Variación de la actividad de agua (Aw) con respecto al tiempo de almacenamiento a 38°C en el dulce formulado sabor	57

	chocolate, almendra y fresa.	
11	Respuesta de la dureza con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor fresa con respecto a un dulce comercial conocido sabor fresa.	58
12	Respuesta de la dureza con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor chocolate con respecto a un dulce comercial conocido sabor avellana.	59
13	Respuesta de la dureza con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor almendra con respecto a un dulce comercial conocido sabor avellana.	60
14	Respuesta de la fracturabilidad con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor fresa con respecto a un dulce comercial conocido sabor fresa.	61
15	Respuesta de la fracturabilidad con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor chocolate con respecto a un dulce comercial conocido sabor avellana.	62
16	Respuesta de la fracturabilidad con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor almendra con respecto a un dulce comercial conocido sabor avellana.	63
17	Respuesta de la adhesividad con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor fresa con respecto a un dulce comercial conocido sabor fresa.	64
18	Respuesta de la adhesividad con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor chocolate con respecto a un dulce comercial conocido sabor avellana.	65
19	Respuesta de la adhesividad con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor almendra con respecto a un dulce comercial conocido sabor avellana.	66
20	Respuesta de la resortividad con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor fresa con respecto	67

	a un dulce comercial conocido sabor fresa.	
21	Respuesta de la resortividad con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor chocolate con respecto a un dulce comercial conocido sabor avellana.	68
22	Respuesta de la resortividad con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor almendra con respecto a un dulce comercial conocido sabor avellana.	69
23	Respuesta de la cohesividad con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor fresa con respecto a un dulce comercial conocido sabor fresa.	70
24	Respuesta de la cohesividad con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor chocolate con respecto a un dulce comercial conocido sabor avellana.	71
25	Respuesta de la cohesividad con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor almendra con respecto a un dulce comercial conocido sabor avellana.	72
26	Representación gráfica del logaritmo de la vida útil frente al recíproco de la temperatura absoluta en el dulce sabor fresa.	76
27	Representación gráfica del logaritmo de la vida útil frente al recíproco de la temperatura absoluta en el dulce sabor chocolate.	77
28	Representación gráfica del logaritmo de la vida útil frente al recíproco de la temperatura absoluta en el dulce sabor avellana.	78
29	Cuantificación de hongos y levaduras en el dulce formulado sabor fresa a 25°C en función del tiempo de almacenamiento.	79
30	Cuantificación de hongos y levaduras en el dulce formulado sabor fresa a 30°C en función del tiempo de almacenamiento.	80
31	Cuantificación de hongos y levaduras en el dulce formulado sabor fresa a 38°C en función del tiempo de almacenamiento.	81

32	Cuantificación de hongos y levaduras en el dulce formulado sabor chocolate a 25°C en función del tiempo de almacenamiento.	82
33	Cuantificación de hongos y levaduras en el dulce formulado sabor chocolate a 30°C en función del tiempo de almacenamiento.	83
34	Cuantificación de hongos y levaduras en el dulce formulado sabor chocolate a 38°C en función del tiempo de almacenamiento.	84
35	Cuantificación de microorganismos en cuenta total estándar en el dulce formulado sabor fresa a 25°C en función del tiempo de almacenamiento.	85
36	Cuantificación de microorganismos en cuenta total estándar en el dulce formulado sabor fresa a 30°C en función del tiempo de almacenamiento.	86
37	Cuantificación de microorganismos en cuenta total estándar en el dulce formulado sabor fresa a 38°C en función del tiempo de almacenamiento.	87
38	Cuantificación de microorganismos en cuenta total estándar en el dulce formulado sabor chocolate a 25°C en función del tiempo de almacenamiento.	88
39	Cuantificación de microorganismos en cuenta total estándar en el dulce formulado sabor chocolate a 30°C en función del tiempo de almacenamiento.	89
40	Cuantificación de microorganismos en cuenta total estándar en el dulce formulado sabor chocolate a 38°C en función del tiempo de almacenamiento.	90
41	Comparación de la calificación de las muestras de dulce formulado sabor fresa (392) y el dulce comercial sabor fresa	91

(670).

- 42 Comparación de la calificación de las muestras de dulce 92
formulado sabor chocolate (392) y el dulce comercial sabor
avellana (670).

RESUMEN

La falta de aminoácidos esenciales en la dieta de los niños genera problemas graves para un buen desarrollo físico y mental. La desnutrición infantil constituye un grave problema en todo el mundo, por otra parte el suero lácteo que es el residuo líquido separado durante la coagulación en la elaboración del queso, el cual no es utilizado y se desecha ocasionando contaminación ambiental. En este trabajo se usó el suero lácteo como una alternativa. Obteniendo concentrado de proteína de suero con 63.5% de proteína (WPC 63.5), 13.8% de lactosa, 4.7% de grasa, y 4.3% de cenizas; el cual fue utilizado como ingrediente en la formulación de un dulce a diferentes sabores (fresa, chocolate y almendra), dirigido a niños de 10 a 12 años de edad. La ingesta de proteína en niños de 10 a 12 años de edad, según el Instituto Nacional de la Nutrición de Latinoamérica, establece que se requieren 1.35g de proteína / (kg de peso corporal por día). Se realizó la formulación del dulce de manera que tuvo un incremento mayor al 5%, al consumir una pieza de aproximadamente 30 g del producto elaborado. Se le analizaron parámetros de calidad para determinar su valor nutrimental, tales como, contenido de proteína, calcio, grasa, cenizas totales, así como el pH y actividad acuosa para predecir el contenido de humedad en diferentes condiciones de temperatura. Se evaluó la textura del producto en comparación a un dulce comercial en cuanto a parámetros de dureza, adhesividad, gomosidad, resortividad y cohesividad. Además se hicieron pruebas microbiológicas para ayudar a determinar la vida de anaquel, obteniéndose por tres meses, un dulce estable suficiente para su distribución y comercialización. El dulce sabor fresa fue el que mejor aceptación presentó en un panel compuesto por 100 niños.

I. INTRODUCCIÓN

Los alimentos son necesarios como fuente de energía para el mantenimiento de los procesos que sustentan la vida, pero muchas veces éstos no son ingeridos en proporciones adecuadas generando un gran problema de deficiencia nutrimental y en especial en los niños, los cuales necesitan eficientemente los nutrimentos para un buen desarrollo físico y mental. En un intento por este problema, se decidió realizar la formulación de un dulce con tres diferentes sabores: fresa, chocolate y almendra; utilizando como uno de los ingredientes al concentrado de proteína de suero (WPC), proveniente del suero lácteo obtenido de una queserías del municipio de Pedro Escobedo, Querétaro "Cremería las Palmas". Gran parte del suero que se produce como subproducto de la elaboración del queso es desechado y es capaz de producir una gran contaminación ambiental debido a su alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Esto ocasiona contaminación del agua, produciendo malos olores y la eliminación de diversos tipos de vida acuática, especialmente de peces, proliferación de moscas, mosquitos y otros insectos, y por consecuencia una mayor probabilidad de enfermedades. Una alternativa que puede llevarse a cabo para disminuir este problema, consiste en utilizar racionalmente el suero. En años recientes ha aumentado el interés por desarrollar nuevas formulaciones a base del WPC, como una alternativa en la alimentación de los niños, que sea de su agrado al consumirlo. Se llevó a cabo la formulación de un dulce incorporando una mejora en su valor nutrimental por la adición de WPC como ingrediente en su formulación. Este dulce se formuló para ser del agrado de niños de 10 a 12 años de edad y tratando de mantener un bajo costo esto. Esto se realizó tomando en cuenta que los niños tienen generalmente mayor preferencia por los dulces que por su propia alimentación con adecuado balance nutrimental. Una ventaja de la utilización del WPC por un dulce es que permite obtener un producto con mayor calidad nutrimental, así como contribuir a la disminución de la contaminación generada por eliminación inadecuada del suero lácteo.

II. ANTECEDENTES

II.1 El problema de la desnutrición

La nutrición de la población infantil es un punto sensible. Se han descrito algunos descubrimientos inquietantes acerca de los efectos que tiene la desnutrición sobre las tasas de mortalidad en la niñez, la frecuencia y gravedad de las enfermedades, el crecimiento físico, la productividad, el desarrollo mental y en el número de años de una vida activa. La desnutrición interfiere con la motivación del niño y su capacidad de concentración y de aprendizaje. Un niño desnutrido se distrae, carece de curiosidad y no responde a los estímulos maternos o de otro tipo. Sin tomar en cuenta el origen de la apatía del niño, éste tarda en alcanzar las metas normales del desarrollo; se sale de las normas y cuando empieza a asistir a la escuela ya se encuentra rezagado respecto a sus compañeros que tienen la nutrición apropiada (Berg, 1975).

Uno de los factores principales por la cual hay desnutrición en los niños son los malos hábitos alimenticios que tienen, entre los cuales, se encuentran los alimentos consumidos fuera del horario de comida formal, alimentos comidos en un período de quince minutos o menos y tipos de comida específicos, en su mayoría golosinas (Portia y col., 2004).

II.1.1 Las Golosinas

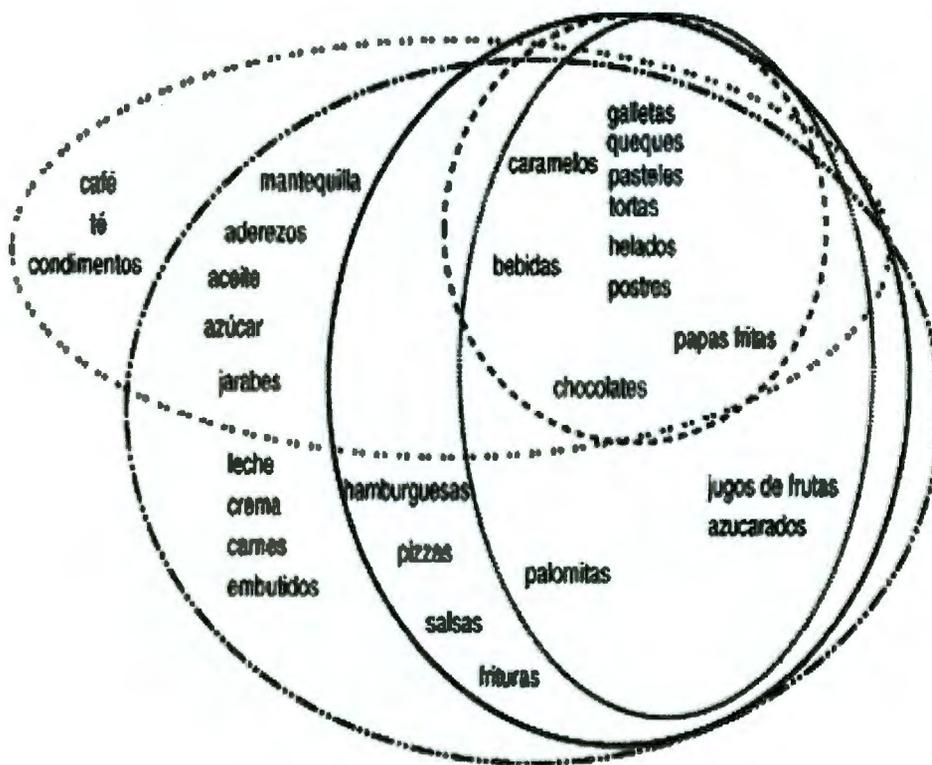
En los últimos años ha aumentado la preocupación acerca del rol que las golosinas juegan en la alimentación infantil. El concepto de golosinas incluye aquellos alimentos industriales, nutricionalmente desbalanceados y con un alto contenido de carbohidratos, grasas y sal, además, está relacionado con una categoría de alimentos percibidos socialmente como no saludables. Las empresas dedicadas al rubro golosinas enfocan sus productos de acuerdo a la demanda por grupos de edad, siendo los niños y los adolescentes dos de sus mercados más importantes. Los productos diseñados para niños se caracterizan por un precio económico y de

compra impulsiva, el cliente dispone de un muy corto tiempo para evaluar y decidirse por el tipo de producto, presentación, calidad y rango de precios (Portia y col., 2004).

En la Figura 1, se muestran ejemplos de golosinas, otro tipo de ingredientes y alimentos bajo los conceptos de "densos en energía y pobres en nutrientes"; "altos en calorías y de baja densidad de nutrientes"; o bien "alimentos que contribuyen a la ingesta energética". Se enfatiza el desbalance de los mencionados alimentos, así como aquellos de la categoría "comida chatarra". Cada año, sólo de caramelos en México se producen más de 160 mil toneladas, cifra que aporta con reservas Noé Lecona Sánchez, presidente de la Asociación Nacional de Fabricantes de Dulces, Chocolates y Similares (ASCHOCO). En México el panorama dulcero es dominado, entre otras, por las multinacionales "Pepsico, Bimbo, Adams Cadbury, Effem México y Tutsi Pop"; las nacionales "Grupo Lorena, Montes y Compañía, Corporativo Dulces Vero, Dulces Anáhuac, Dulces de la Rosa, Dulces y Chocolates La Giralda, Industrial Dulcera Mexicana y Fábricas Selectas"; y las de típicos "Productos Medellín, Manufactura Industrial y Moreliates" (Lara, 2003).

Los principales países proveedores de golosinas a los Estados Unidos son Canadá, México, y Europa, mientras que los principales destinos de las exportaciones estadounidenses de golosinas son Canadá, México, Corea del Sur, Japón y Filipinas. En la actualidad la preocupación principal es producir alimentos más nutritivos para mejorar la dieta (Berg, 1975).

El consumo de cantidades y clases correctas de alimentos y los nutrimentos que deben tener y que el cuerpo necesita, se dividen en seis clases: proteínas y aminoácidos; grasas y ácidos grasos; carbohidratos, minerales, vitaminas y agua (Robinson y Weigley, 1986)



- Densos en energía y pobres en nutrientes
- Altos en calorías y baja densidad de nutrientes
- Alimentos que contribuyen a la ingesta energética.
- Snacks.
- Comida chatarra

Figura 1 Conceptos utilizados en investigaciones asociadas a las golosinas.
(Portia y col., 2004)

II.1.2 Las proteínas en los alimentos

Parte de los nutrimentos que no deben faltar en la dieta son las proteínas que al consumirse en diferentes mezclas de alimentos se logra por lo general una complementación adecuada entre los aminoácidos, obteniéndose una proteína de buena calidad. Al digerirse las proteínas dan lugar a aminoácidos, que una vez absorbidos vuelven a conformar proteínas, que cumplen las siguientes funciones: catálisis enzimática, transporte y almacenamiento, generación y propagación de la señal eléctrica, movimiento, soporte mecánico, protección inmune y control del desarrollo. La porción de las proteínas alimentarias cuyos aminoácidos son absorbidos en el intestino representan la biodisponibilidad proteica. Se entiende como biodisponibilidad el grado en el cual el o los nutrimentos se pueden liberar y absorber en el aparato digestivo (Casanueva y col., 1995).

La biodisponibilidad de α -lactoalbúmina es de 104 mientras que la proteína del huevo, que se ha usado como referencia, tiene una disponibilidad de 100 y la caseína es inferior a las dos anteriores con una biodisponibilidad de 77 (Renner, 1983).

Un grupo de expertos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)/Organización Mundial de la Salud (WHO) calcularon la concentración ideal de aminoácidos en una dieta proteica. En el Cuadro 1, la proteína de referencia calculada es comparada con la proteína total de huevo (la cual es referida como la proteína con el más alto valor proteico), con la proteína de leche, proteína del suero, y las fracciones de la proteína del suero como la β -lactoglobulina y la α -lactolbumina. La β -lactoglobulina y la α -lactolbumina tienen una alta concentración de aminoácidos esenciales comparada con la proteína de referencia, con dos restricciones menores cuando se compara la β -lactoglobulina con la proteína del huevo con menor contenido de valina y leucina (Scheider, 1985).

Cuadro 1. Concentración de aminoácidos esenciales en la proteína de referencia, total del huevo, de la leche, del suero, β -lactoglobulina (β -LG) y α -lactoalbúmina (α -LA) (Zadow, 1992).

Aminoácidos (contenido g/100 proteína)	Referencia proteica	Proteína de huevo	Proteína de leche	Proteína en suero	β -LG	α -LA
Triptofano	1.0	1.5	1.4	2.1	2.2	6.6
Fenilalanina+tirosina	6.0	10.5	10.5	7.3	7.3	9.6
Leucina	7.0	9.1	10.4	11.1	15.3	11.6
Isoleucina	4.0	6.7	6.4	6.8	6.7	6.8
Treonina	4.0	5.1	5.1	8.0	5.4	5.5
Metionina+cistina	3.5	5.9	3.6	4.8	5.6	6.9
Lisina	5.5	6.9	8.3	9.9	11.7	11.4
Valina	5.0	7.5	6.8	6.8	5.9	4.8
Total	36.0	53.2	52.5	56.8	60.1	63.2

En el Cuadro 2, se muestran los requerimientos estimados de aminoácidos en niños, basados en el rango superior del requerimiento para un balance de nitrógeno. El niño de 10 a 12 años según el Instituto Nacional de la Nutrición de Latinoamérica, establece que se requieren 1.35 g de proteína/kg de peso corporal por día, esto también depende de la energía que ocupa al realizar una actividad física donde esta puede ser liviana, moderada o fuerte así como el sexo, con proteínas de digestibilidad de 80 a 85% y calidad de aminoácidos de 90% en relación a la leche o al huevo (Muñoz y col., 1996).

Cuadro 2. Requerimientos estimados de aminoácidos [(mg)/(kgXdía)]
(Kathleen y Escote - Stum, 2001).

AMINOÁCIDOS	†Niños/edad de 10-12 años
Histidina	?
Isoleucina	28
Leucina	44
Lisina	44
Metionina + cisterna	22
Fenilalanina + tirosina	22
Treonina	28
Triptófano	3.3
Valina	25
Total sin Histidina	216

† Basado en el rango superior del requerimiento para un balance de nitrógeno positivo.

II.2 La leche

La leche es un líquido que mantiene en suspensión glóbulos de grasa y proteínas; es análogo al plasma sanguíneo y contiene además lactosa, sales minerales y algunos otros elementos. La composición de las proteínas de la leche (Cuadro 3) muestra que las proteínas de mayor concentración son la α -caseína, seguida de la β -caseína así como la Delta y la Gamma caseína en menores proporciones también se muestran las proteínas del suero, de las cuales las de mayor concentración son la β -lactoglobulina y la α -lactalbúmina (Walzem, 1999).

En los países subdesarrollados la leche es un producto caro y no se encuentra al alcance de todos pero su producción en México creció en un 96% de 1973 a 1983 ocupando el decimocuarto lugar mundialmente. Actualmente la producción nacional fue de 9,864.300 litros mientras que en Querétaro la producción fue de 209,328 litros y los derivados de la leche como el queso panela su producción fue de 15,531 toneladas y el total de queso fresco producido fue de 41,736 toneladas en el 2003. Considerando que por cada tonelada de queso se tiene la presencia de 9 toneladas de suero, la producción de queso panela anual implica la formación de 155,310 toneladas de suero (SAGARPA, 2004).

En muchos de los países en vías de desarrollo, un litro de leche cuesta la mitad del salario diario del trabajador. La producción de queso es muy alta por lo cual se puede dar una idea de la gran cantidad de suero resultante de su producción (Berg, 1975).

II.3 El suero lácteo

El suero lácteo es un término que se refiere a la fracción que resta luego de la coagulación de la leche. Aunque no se consideran sustitutos directos de la leche el monto de la importación en México en el 2001 mostró un crecimiento importante para llegar a más de 80,000 toneladas de suero lácteo en polvo (Villamar y col., 2004).

Cuadro 3. Composición de las proteínas de la leche (Amaya, 2000).

PROTEÍNA	CONCENTRACIÓN g/l	APROXIMADO % PROTEÍNA TOTAL
CASEINAS	24-28	80
*Alfa-caseína	15-19	42
*Beta-caseína	9-11	25
*Delta-caseína	3-4	9
*Gamma-caseína	1-2	4
PROTEÍNAS DEL SUERO	5-7	20
*beta-lactoglobulina	2-4	50-60
*alfa-lactoalbúmina	1-1.5	25
*proteasas-peptonas	0.6-1.8	-
*Proteínas sanguíneas	1.4-1.6	-
-albúmina sérica	0.1-0.4	-
-Inmunoglobulinas	0.6-1.0	-
		100

Por lo general, el suero lácteo es rico en lactosa (azúcar de la leche), minerales, vitaminas y "proteínas del suero" (Onwulata y Tomasula, 2004).

Los constituyentes del suero descritos en el Cuadro 4, indican la importancia del suero como una fuente de nutrimentos desde proteínas hasta minerales. El suero resultaría una gran opción para utilizarse como ingrediente para alimentos de bajo nivel proteico y de algunos minerales (Harper, 2000).

II.3.1 Proteínas del suero lácteo

II.3.1.1 β -lactoglobulina (β -LG)

Es la principal proteína del lactosuero; constituye alrededor de la mitad de esta parte. Existen probablemente tres variantes genéticas, A, B y C; pero no se conocen bien las dos primeras (Charles, 1988).

Es una proteína globular con un peso molecular de 36 kDa que existe como un dímero entre los pH's de 5.2 y 7.2, formado por 2 subunidades idénticas (peso molecular de 18 kDa) unidas por puentes disulfuro. Tiene un punto isoeléctrico (pI) de 5.3 por lo cual presenta una carga neta negativa al pH de la leche. Además, la secuencia de distribución de residuos hidrofóbicos, polares y cargados es más uniforme que en la caseína. La β -LG cuenta con sitios de unión de minerales, vitaminas solubles en lípidos y puede utilizarse para incorporar compuestos lipofílicos deseables como el tocoferol y vitamina A en productos bajos en grasa (Swaigood, 1985).

Hay posibilidad de que la lactosilación de la β -LG pueda alterar su actividad biológica, mientras que la succinilación de la β -LG produce productos que tienen actividad antiviral fuerte contra el virus de la inmunodeficiencia tipo 1 y 2 en humanos. La β -LG pertenece a las lipocalinas, es decir son proteínas que tienen la capacidad de ligar pequeñas moléculas hidrofóbicas en una estructura central con forma de copa o cáliz. Se desconoce la verdadera función de la β -LG, se ha sugerido que se encuentra involucrada en el transporte de retinol y/o ácidos grasos (Harper, 2000).

Cuadro 4. Composición aproximada del suero (%) p/v (Bylund, 1995).

CONSTITUYENTES	COMPOSICIÓN (%)
Agua	93.6
Sólidos totales	6.4
Grasa	0.05
Proteína (N X 6.34)	0.55
NPN (Nitrógeno no proteico)	0.18
Lactosa	4.8
Cenizas (Minerales)	0.5
Calcio	0.043
Fósforo	0.040
Sodio	0.050
Potasio	0.160
Cloruros	0.110
Ácido láctico	0.050

II.3.1.2 α -lactoalbúmina (α -LA)

Corresponde aproximadamente al 25% de proteína total del suero, teniendo un excelente perfil de aminoácidos, ya que es rica en lisina, leucina, treonina, triptófano y cisteína (Cuadro 1). Posee cuatro enlaces disulfuro intra cadena que le proporcionan hidrofobicidad necesaria para propiedades de emulsificado y espumado, y que le imparten resistencia a la desnaturalización térmica que se lleva totalmente a cabo solamente después de calentar a 97°C por 50 min donde ya es irreversible (Cantarow y Schepartz, 1962).

La principal función biológica de la α -LA es modular el sustrato específico de la galactosiltransferasa para la síntesis de lactosa en la glándula mamaria. La α -LA es preferida sobre la β -LG la formulación de la llamada leche "maternizada" en formulas infantiles ya que la leche humana no contiene β -LG. El punto isoelectrico, peso molecular y la temperatura de desnaturalización térmica (Td) se muestran en el Cuadro 5 (Aguilera, 1995).

Cuadro 5. Peso molecular, pH, punto isoelectrico (pI), y temperatura de desnaturalización (Td) de proteínas del suero (Aguilera, 1995).

Fracción Proteica	MW (kD)	pI	Td (°C)
β -LA	18.6	5.3	76-82
α -LG	14.2	4.8	59-62
Seroalbúmina (BSA).	66.0	5.1	72-74
Aislado Proteico del Suero (WPI)	-	-	77-88

II.3.1.3 Inmunoglobulinas

Las inmunoglobulinas son un grupo complejo de proteínas que hacen una contribución significativa al contenido de proteína y también ejercen una importante función. Las Inmunoglobulinas son bien reconocidas proporcionando protección contra enfermedades a recién nacidos a través de inmunidad pasiva y además también juegan un papel importante en el control de enfermedades en adultos (Cantarow y Schepartz, 1962).

II.3.1.4 Seroalbúmina bovina (BSA)

La Seroalbúmina bovina (BSA) es una proteína globular grande con un peso molecular de 69,000 kDa y un pI entre 4.7 y 4.8. Es una proteína hidrosoluble, derivada de la sangre (De Wit, 1981).

La BSA ha mostrado tener una secuencia de tres aminoácidos que son precursores del Glutati6n. Una vez digeridos en el tracto y absorbidos al torrente sanguíneo, este fragmento de péptido puede ser totalmente absorbido por las células blancas conocidas como "células T", incrementando los niveles de Glutati6n y la actividad antioxidante en los pacientes inmunodeficientes. Además tiene buenas propiedades espumantes (Fennema, 1993).

II.3.1.5 Lactoperoxidasa

Es resistente al calor; actúa como antibiótico natural, se encuentra abundante en la leche de vaca, pero su presencia es casi indetectable en la leche humana. La lactoperoxidasa se ha reconocido como un agente efectivo antimicrobiano y se ha usado como agente bacteriostático en la reducción de la flora de la leche (Cantarow y Schepartz, 1962).

II.3.1.6 Lactoferrina

La lactoferrina esta disponible en el comercio, aislada de leche de vaca, donde reportan niveles de 20 a 200 mg/ml. Una mejor aplicación de lactoferrina bovina consiste en su adición a fórmulas infantiles para remplazar a un futuro la leche materna. Hoy en día, la lactoferrina es aplicada en suplementos nutricionales a base de hierro y en bebidas, leches fermentadas, gomas de caramelo, alimentos nutraceúticos, formulas de cosméticos (Satyanarayan, 2002).

Otras funciones biológicas de la lactoferrina incluyen: transporte de hierro, actividad antimicrobiana, antiviral, antifungica, anticáncer, promoción de crecimiento para algunas células, anti-inflamatorio.

II.3.1.7 Péptidos

Los péptidos de leche y suero tienen actividades biológicas, participan directamente en la forma de neurotransmisores o indirectamente jugando un papel en la respuesta inmune y en la secreción de hormonas y enzimas de transmisión intestinal (Harper, 2000).

En los hidrolizados de proteínas y de quesos curados se manifiesta con frecuencia una sensación amarga pronunciada y no deseable, efecto que es debido a la hidrofobicidad global de los aminoácidos de las cadenas péptidas. Todos los péptidos contienen un número adecuado de grupos tipo-AH que pueden encajar en la zona polar del receptor.; los distintos péptidos varían por el tamaño y la naturaleza de sus grupos hidrófobos y, por tanto, en la capacidad de estos grupos para interactuar con las zonas hidrófobas esenciales de los receptores de la sensación amarga (Fennema, 1993).

II.3.1.8 Glicomacropéptidos (GMP)

La GMP no contiene fenilalanina, por lo cual puede usarse en dietas para fenilcetonúricos también puede ser útil para dietas para controlar varias

enfermedades del hígado. Se emplea en alimentos a base de proteínas del suero, tales como en productos a base de nata, merengues, galletas, gelatinas de fruta fortificada o bien en dietas especiales para fórmulas infantiles. El calor conduce a la gelación de las proteínas del suero que dependen de más factores, tal como, composición, extensión de desnaturalización, pH, temperatura, concentración, fuerza iónica y presencia de iones específicos, entre otros (Harper, 2000).

II. 3.2 Contenido de lactosa en el suero

El disacárido lactosa [O-β-D-galactopiranosil-(1→4)- β-D-piranósido] se encuentra en la leche, pero no existe en ninguna otra fuente natural. Produce D-galactasa y D-glucosa por hidrólisis; puesto que posee un carbono anomérico libre en el residuo de la glucosa, la lactosa es un disacárido reductor (Lehninger, 1998).

Cuando se hidroliza la lactosa del suero y el hidrolizado se concentra a 60% a 70% de sólidos, se obtiene lo que se conoce como jarabes de suero. El poder edulcorante de los jarabes de suero depende de su concentración y del grado de hidrólisis, varía entre 65% y 90% del valor relativo a la sacarosa, mientras que un jarabe con lactosa intacta tiene sólo 2% a 40% del valor edulcorante de la sacarosa. La combinación de jarabe hidrolizado y sacarosa tiene un efecto sinérgico en términos de su poder edulcorante. El principal problema de la lactosa es su cristalización, la cual ocurre rápidamente arriba de 55% de sólidos totales resultando en pocas horas en un producto arenoso y extremadamente viscoso al grado de formar un semisólido muy difícil de manejar. Los jarabes se obtienen generalmente del suero desmineralizado, que puede además ser desproteinizado por ultrafiltración. Es posible incrementar aún más el poder edulcorante de estos jarabes si se tratan con glucosa isomerasa, para transformar la mitad de la glucosa en fructosa (García y col., 1993).

La lactosa es adicionada en ensaladas, mayonesas, sopas y salsas para realzar el sabor y proporciona estabilidad a varias proteínas en la formulación contra la floculación a pH ácidos y la pasteurización. La industria de la confitería usa lactosa

en cierto tipos de dulces porque cambia la conducta de cristalización de otros azúcares presentes y da cuerpo, textura y masticabilidad (Damodaran y Paraf, 1997).

El Cuadro 6, muestra la composición típica de productos de suero en base seca incluyendo al concentrado de proteína (WPC). La lactosa contenida en el (WPC) varía entre el 5 y 45% (Zadow, 1992).

II.4 Aislado de Proteína del Suero (WPI)

El WPI contiene al menos el 90% de proteína y se puede obtener a través de dos procesos:

(a) intercambio iónico seguido por la concentración y secado por aspersion.

(b) proceso por membrana.- WIP realizado por membrana es generalmente rico en β -lactoglobulina y α -lactalbumina y se reduce con respecto a inmunoglobulinas, lactoferrina, lactoperoxidasa y GMP. El WPI utilizado por membrana no conserva las proporciones de la proteína del suero, como en el caso del WPC, esto depende del tipo y secuencia de las membranas utilizadas en el proceso.

El WPI se usa en alimentos procesados para aumentar el contenido de proteína, dando sabor y mejora la textura como en alimentos específicos para fisiculturistas aumentados su masa muscular. Además pueden reemplazar otros sólidos de la leche, huevo y grasa (Cryan, 2001).

Cuadro 6. Composición típica de productos de suero (% base seca) (Zadow, 1992).

	proteína	grasa	cenizas	Lactosa
Suero, concentrado de suero y suero en polvo	10-15	0.2-2.0	7-14	61-75
Suero reducido en lactosa	16-24	0.2-4.0	11-27	<60
Suero reducido en minerales	10-24	0.2-4.0	<7	<85
Concentrado de proteína del suero (WPC)	>25	0.2-10	2-15	<60

II.5 Concentrado de Proteína del Suero (WPC)

El concentrado de la proteína del suero se obtiene generalmente por concentración mediante ultrafiltración y diafiltración y varían en el contenido de proteína de 35-80%. El contenido de proteína de los productos elaborados con WPC aumentando considerablemente. Los lípidos contenidos en el WPC incluyen todos los lípidos presentes en el suero al principio de la ultrafiltración. El WPC, puede proporcionar varias funciones en los productos alimenticios, hay una gran lista de productos que contienen WPC; generalmente el conocimiento de las características de dichos productos permite conocer el papel que juega el WPC en cada uno de estos alimentos (Zadow, 1992).

Los WPC's más utilizados comercialmente son el WPC-35, WPC-70 y el WPC-80, cuya composición se observa en el Cuadro 7, donde la lactosa va disminuyendo al aumentar la proteína y la grasa aumenta conforme disminuye la lactosa.

Cuadro 7. Composición proximal de los WPC's más utilizados en la producción de alimentos en base seca (New Zealand Milk Products, 1999).

Componentes	WPC-35	WPC-70	WPC-80
Proteína (N*6.38)	35%	70%	80%
Lactosa	53%	17%	8%
Grasa	4%	6%	7%
Cenizas	8%	7%	5%

Los WPC's han llegado a ser económicamente viables para muchos usos como un resultado de la nueva tecnología de filtración. Uno de estos casos es el WPC-34 (34% de proteína en base seca) cuya composición es similar a la de la leche en polvo descremada, y se ha usado como reemplazo parcial de ésta, resultando productos lácteos con menor costo. Estos y otros WPC (WPC-50 hasta WPC-80), se usan en alimentos procesados para aumentar el contenido de proteína, impartiendo sabor y mejorando la textura así como su manejo. Estos WPC's pueden reemplazar otros sólidos de la leche, huevo y grasa. El WPC-80 (80% de proteína en base seca) es la fuente más comúnmente usada de la proteína del suero, dado que más del 95% de las compañías comercializan este producto como suplemento para deportistas de todo el mundo (Cryan, 2001).

II.5.1 Propiedades funcionales del WPC

Las propiedades funcionales que son de interés para alimentos procesados, en este caso para el alimento desarrollado son: gelación, enlazamiento de agua, emulsificación, espumado, estabilidad al calor así como la relación de las anteriores propuestas con el gusto y textura; los cuales son de gran ayuda para formular un dulce con características deseables. La fuerza de un gel producto a partir de WPC está asociada con factores que incluyen pH, fuerza iónica, concentración proteica y composición del alimento (Reynolds y Veith, 2004).

II.5.1.1 Solubilidad

Las proteínas del suero que no son desnaturalizadas por el calor muestran una excelente solubilidad en un amplio rango de pH de 3 a 9. Sin embargo, a temperaturas mayores a los 70°C pueden perder parcialmente solubilidad con valores de pH entre 3 y 5 debido a que algunas proteínas del suero precipitan a valores de pH cercanos a sus puntos isoeléctricos (Cuadro 5). Cuando una solución acuosa de WPC se calienta a 90°C por 5 minutos, más del 80% de la proteína permanece en solución. La solubilidad de las proteínas del suero en productos que

han sido calentados se incrementa con la adición de azúcar la cual aumenta su estabilidad al calor. La buena solubilidad de las proteínas del suero aún en condiciones ácidas es especialmente importante en aplicaciones como bebidas aciduladas y aderezos para ensalada (Xiong, 1992).

II.5.1.2 Retención de agua

El calentamiento de una solución de WPC causa un ligero incremento en la viscosidad y en la capacidad de retención de agua, pero disminuye la solubilidad. El desdoblamiento parcial de las proteínas por calor e incrementa el volumen ocupado por la proteína. Debido a su capacidad de retención de agua, el WPC se utiliza como espesante para algunos alimentos como sopas, salsas y yogurt. Esta capacidad también encuentra aplicación en productos cárnicos y marinos.

II.5.1.3 Gelación

Bajo apropiadas condiciones de calentamiento, los WPCs forman geles irreversibles dentro de redes tridimensionales extendidas; el agua es atrapada dentro de los capilares entre la matriz del gel, de este modo el WPC proporciona la capacidad adicional de retención de agua. Una red fuerte ayuda a retener el agua y evita menor pérdida de humedad (sinéresis). Debido a esta propiedad del WPC el aspecto de alimenticios como el jamón y el surimi, previniendo la presencia de humedad en la superficie del yogurt y cremas ácidas. Las proteínas del suero empiezan a gelificar cuando son calentadas a alrededor de 65°C. Las características del gel pueden ser de varios tipos: cuajada, húmedos, rugosos, brillantes, fuertes, elásticos, etc. El calor conduce a la gelación dependiendo de factores como: composición, extensión de la desnaturalización, pH, temperatura, concentración, fuerza iónica y presencia de iones específicos, entre otros (Aguilera, 1995).

En sistemas alimenticios, los demás ingredientes disminuyen la cantidad de agua disponible y ocurre la formación del gel cuando se usa de 0.5 a 3.0% de WPC. Las propiedades de gelación del WPC pueden modificar las características de textura en los alimentos, tal como resistencia, cohesividad y elasticidad. El fenómeno de gelificación de proteínas puede ser reversible o irreversible, según la intensidad de la desnaturalización. Además, la relación entre el proceso térmico y desnaturalización proteica del suero/interacción molecular es necesario estabilizarla por WPC o WPI siendo compatibles en productos no lecheros (Xiong, 1992).

II.5.1.4 Adhesión

Los WPC proporcionan buenas propiedades de adhesión mejorando la textura de un alimento haciéndola más homogénea. Por ejemplo, se pueden usar para adherir pedazos de pan o pasta a la carne y pescado; adherir piezas de carne, y para colocar glaseado en pastelería (Huffman, 1996).

II.5.1.5 Emulsificación

Las proteínas del suero tienen regiones hidrofílicas e hidrofóbicas, actuando como emulsificantes. Se forman membranas interfaciales alrededor de la grasa que previene la coalescencia y pérdida de aceite. Las proteínas del suero proveen estabilidad a emulsiones calentadas, como salsa, debido a su capacidad de espesamiento y gelificación. Un incremento en la viscosidad, reduce la movilidad de los glóbulos de grasa y se minimiza la coalescencia. La gelación puede proporcionar un atrapamiento total de los glóbulos de grasa entre la red del gel (Pszczola, 1994).

II.5.1.6 Espumado

La presencia de grasa reduce las propiedades de espumado de las proteínas del suero. Por otro lado, la reducción del contenido de grasa aumenta los volúmenes de batido así como la estabilidad de las espumas. Las proteínas del suero son resistentes a la desnaturalización por batido, a diferencia de la albúmina de huevo. Al calentar y mezclar con emulsificantes específicos la mezcla conteniendo el WPC se transforma en un fluido cremoso y adquiere una textura que da a los alimentos la sensación completa de grasa. De esta forma se puede obtener una sustitución de grasa en pastelería de 83-93%, manteniendo un sabor a grasa (Huffman, 1996).

II.5.2 Métodos de concentración del WPC

1.- Empleo de membranas.- es el paso del suero líquido con sus componentes disueltos a través de una membrana semipermeable, se separan las moléculas más pequeñas (permeado) capaces de atravesar la membrana. Las moléculas más grandes y/o partículas que no pueden atravesar la membrana se concentran a cierto corte de peso molecular (retenido); es posible separar selectivamente y concentrar los componentes del suero:

a) Ósmosis Inversa (RO): se emplea presión a contracorriente, estos sistemas utilizan membranas con poros de 0.3 a 1 nm y peso molecular de cortes más pequeños.

b) Ultrafiltración (UF): los sistemas de ultrafiltración utilizan membranas más porosas de 2 a 100 nm que las membranas de RO. Estas membranas poliméricas están diseñadas para retener partículas con pesos moleculares entre 5 y 800 kDa separándolas de moléculas más pequeñas como la lactosa, sales, agua y otras proteínas o péptidos de bajo peso molecular.

El WPC obtenido por ultrafiltración contiene aproximadamente 68.4% de β -lactoglobulina, 21.3% de α -lactalbumina. La relación de la proteína individual en un determinado WPC está influida por: tipo y origen del suero, rechazos característicos de la membrana de ultrafiltración empleada, y grado de concentración logrado (Delaney, 1976).

c) Centrifugación: este proceso remueve grandes glóbulos de grasa y moléculas de grasa que se concentran y se separan de los demás componentes del suero.

d) Electrodialisis (ED): es un proceso de separación en el cual se usan membranas para remover especies iónicas (cargadas eléctricamente) en mezclas con especies no iónicas. La electrodialisis es empleada en la industria láctea para desmineralizar el suero y otras soluciones derivadas (Batchelder, 1986).

2.- Secado por aspersion.- las soluciones concentradas son atomizadas en una corriente de aire caliente. Controlando el tamaño de las gotas, la temperatura y el flujo de aire, es posible evaporar la humedad mientras se exponen los sólidos a temperaturas relativamente bajas. Este es el procedimiento más común para obtener productos del suero en polvo.

3.- Concentración al vacío.- se calienta el suero líquido al vacío para evaporar su humedad, lo cual permite evaporar el agua a temperaturas muy por debajo de los 100°C. Con los sistemas nuevos se tiene un daño térmico mínimo de las proteínas y otros componentes del suero (Frazier, 1976).

4.-Cristalización.- se utiliza para separar la lactosa del suero dulce o las soluciones del permeado. La solución debe estar concentrada para exceder la solubilidad de la lactosa. Se agregan cristales semilla y la temperatura de la solución se incrementa

para ayudar a formar cristales grandes que son fácilmente separados y lavados. La cristalización reduce la concentración de lactosa e incrementa la relación de todos los demás componentes. Se pueden utilizar enzimas para hidrolizar la lactosa y también para modificar la funcionalidad de las proteínas.

5.- Intercambio de iones (IE).- el suero se acidifica para desarrollar una carga positiva en las moléculas de la proteína. Las proteínas con carga positiva se unen a la resina con carga negativa (catiónicas), mientras que la lactosa, grasa y minerales se separan de las proteínas. Posteriormente puede formarse un sistema alcalino en el cual las proteínas desarrollan una carga negativa y se separan de la resina que es enjuagada para eliminar productos no deseados (Zadow, 1992).

6.- Liofilización.- la liofilización o sublimación del agua de un alimento congelado por medio del vacío y de la aplicación del calor al recipiente de desecación, se está empleando actualmente para algunos alimentos, como la fresa, café, etc. (Frazier, 1976).

II.5.3 Usos del WPC en los alimentos

Probablemente el uso más común de los WPC's es para enriquecer y fortificar alimentos y bebidas. Entre los ingredientes de productos que lo contienen son las formulas para infantes, bebidas para deportistas, helados, alimentos para animales, botanas, jugos de frutas, suplementos dietéticos, cafés, salsas, sopas, alimentos horneados, carnes, jugos de carne, pasteles, chocolates, dulces, rellenos de pay, galletas saladas, pastas, mayonesas, alimentos para bebés, frutas y vegetales procesados, y una amplia gama de productos lácteos procesados (Cryan, 2001). La adición de 4% de WPC a harina de maíz, de trigo o de arroz, puede duplicar el contenido de proteína de esos cereales (Zadow, 1992).

II.6 Reconstitución, enriquecimiento, alimentos formulados y fortificados

Muchas veces los alimentos que son procesados pierden muchos de sus nutrientes o no los contienen, por lo cual las empresas productoras de alimentos industrializados se preocupan por recompensar esas pérdidas utilizando procesos tales como:

Reconstitución

Adición que permite restaurar el contenido de un nutrimento determinado al nivel que se encontraba antes de ser procesado o cuando fue cosechado (Orellana, 1990).

Enriquecimiento

Método consistente en reponer los nutrimentos del alimento del cual han sido extraídos al procesarlos; se aplica generalmente a la incorporación de vitaminas como tiamina, riboflavina, niacina y minerales como hierro en productos de grano refinado.

Alimentos Formulados

Pueden crearse para satisfacer las necesidades nutrimentales específicas de cierto grupo de personas en determinada área. El éxito de los nuevos alimentos depende de los nuevos ingredientes utilizados. La atención se concentra en los ingredientes proteínicos; por un lado, porque la tecnología para añadir vitaminas y minerales a los alimentos existentes ya está establecida del todo, es barata y no plantea problemas particulares y, por otro, porque la desnutrición debida a la falta de calorías y proteínas ha centrado el interés de la comunidad internacional dedicada al problema de la desnutrición.

Fortificación

Método consistente en agregar a un alimento nutrimentos que no estaban presentes o que lo estaban en cantidades pequeñas antes del procesamiento; la cantidad de nutrimentos en el producto final suele ser mayor que la existente en el alimento no procesado (Scheider, 1985).

Algunos principios importantes con relación a los alimentos fortificados son:

1.- Los dulces y los refrescos que son de amplio consumo pueden ser adicionados de los nutrimentos que se requieran.

2.- El nutrimento agregado debe ser estable bajo condiciones normales de proceso, almacenamiento y usos.

3.- El costo y naturaleza del alimento fortificado deberá ser tal que permita que la adición sea económicamente factible a través de un proceso industrial (Remes, 1995).

II.7 Análisis proximal de alimentos

Cualquier alimento incluyendo las golosinas se ven afectados a las transformaciones químicas, físicas y ataque microbiano durante el almacenamiento, dependiendo de su composición (Fennema, 1993).

El análisis del alimento se efectuó para conocer la cantidad de nutrientes que se encuentran en el mismo, así como su calidad con respecto a otros ya evaluados y que son muy similares al alimento en estudio, tales como:

Proteínas

La proteína es un polímero orgánico compuesto de subunidades denominadas aminoácidos, los cuales se unen por el enlace peptídico y forman la estructura característica de la proteína (Casanueva y col., 1995).

El procedimiento básico de Kjeldahl mantiene aún su posición como la técnica más fidedigna para la determinación de nitrógeno orgánico, ya que sus resultados se

usan para calibrar los métodos automáticos. Este método Kjeldahl está basado en la combustión húmeda de la muestra, calentándola con ácido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores metálicos y de otro tipo para efectuar la reducción de nitrógeno orgánico de la muestra a amoníaco, el cual es retenido en solución como sulfato de amonio. La solución resultante de la digestión se hace alcalina y se destila o se arrastra con vapor para liberar el amoníaco que es atrapado y titulado.

Grasas

El contenido de grasa (algunas veces llamado extracto etéreo o grasa cruda), consiste de constituyentes lípidos libres o sea aquellos que pueden ser extraídos por los disolventes menos polares como las fracciones ligeras del petróleo y el éter dietílico, mientras que los constituyentes lípidos combinados necesitan disolventes polares tales como los alcoholes para su extracción. Las uniones de los lípidos pueden romperse por hidrólisis o algún otro tratamiento químico para producir lípidos libres. Por esto, la cantidad de lípidos que se extraen en los alimentos dependerá del método de análisis que se haya usado. El método Soxhlet da una extracción intermitente con un exceso de disolvente recientemente condensado. La eficiencia de este método dependerá tanto del pretratamiento como de la selección del disolvente.

Cenizas

Las cenizas de los productos alimentarios están constituidas por el residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha carbonizado. Las cenizas obtenidas no tienen necesariamente la misma composición que la materia mineral presente en el alimento original, ya que puede haber tenido pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los constituyentes (Egan, 1987).

Índice de peróxido

Se basa en la capacidad de los peróxidos, productos de la oxidación de la grasa, de oxidar el ión yoduro del yoduro de potasio (KI) y producir yodo. Los peróxidos alcanzan una concentración máxima que después disminuye debido a su

descomposición; es probable que este índice sea bajo, a pesar de que el olor sea característico de reacciones muy avanzadas. Este análisis es poco exacto en productos deshidratados y en aquellos que tienen un contenido bajo de lípidos (Badui, 1999).

II.8 Humedad en alimentos

Del agua contenida en el alimento en estudio dependen las propiedades reológicas y de textura de éste, pero también el agua es responsable en gran medida de las reacciones químicas, enzimáticas y microbiológicas, que son las tres causas principales del deterioro del producto. El agua de combinación esta unida en alguna forma química como agua de cristalización o como hidratos. El agua adsorbida está asociada físicamente como una monocapa en la superficie de los constituyentes de los alimentos. El agua libre se puede considerar como un constituyente separado, ya que con facilidad se pierde por evaporación o por secado.

II.9 Actividad de agua (A_w)

El contenido de agua por si solo, no es un indicador fiable de la alterabilidad, y se atribuye en parte, a diferencias de la intensidad con que las moléculas de agua se asocian con los constituyentes no acuosos. El agua que interviene en asociaciones fuertes es menos capaz de de participar en actividades degradativas, tales como el crecimiento de microorganismos y las reacciones químicas hidrolíticas. En el Cuadro 8, se muestra el crecimiento de algunos microorganismos y su relación con la A_w . Otros factores, tales como concentración de oxígeno, pH, movilidad del agua y el tipo de soluto presente, pueden en algunos casos, ejercer fuertes influencias sobre la velocidad de degradación. Los valores de A_w son de la temperatura (Fennema, 1993).

Cuadro 8. Actividad de agua (A_w) y crecimiento de microorganismos en los alimentos (Fennema, 1993).

Rango de la A_w	Actividad de agua y crecimiento de microorganismos en los alimentos
1-0.95	<i>Pseudomonas</i> , <i>Escherichia</i> , <i>Proteus</i> , <i>Shigella</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Clostridium perfringens</i> , algunas levaduras.
0.95-0.91	<i>Salmonella</i> , <i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>C. botulinum</i> , <i>Serratia</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Pediococcus</i> , algunos mohos y levaduras (<i>Rhodotorula</i> , <i>Pichia</i>).
0.91-0.87	Muchas levaduras (<i>Candida</i> , <i>Torulopsis</i> , <i>Hansenula</i>), <i>Micrococcus</i> .
0.87-0.80	Mayoría de mohos (<i>penicilios micotoxigénicos</i>), <i>Staphylococcus aureus</i> , mayoría de <i>sp Saccharomyces (bailii)</i> , <i>Debaryomyces</i> .
0.80-0.75	Mayoría de bacterias <i>halófilas</i> , <i>aspergilos micotoxigénicos</i> .
0.75-0.65	Mohos xerofílicos (<i>Aspergillus chevalieri</i> , <i>A. candidus</i> , <i>Wallemia sebi</i>), <i>Saccharomyces bysopus</i> .
0.65-0.60	Levaduras osmofílicas (<i>Saccharomyces rouxii</i>), pocos mohos (<i>Aspergillus echinulatus</i> , <i>Monascus bisporus</i>).
0.5	No proliferación microbiana
0.3	No proliferación microbiana
0.2	No proliferación microbiana

II.10 Distribución del agua en los alimentos

En la Figura 2, se muestra la isoterma de porción generalizada de un alimento en donde zona III tiene una A_w prácticamente como la del agua pura; es más abundante en la mayoría de los alimentos y está disponible para las diferentes reacciones químicas y para el crecimiento de microorganismos. La eliminación de esta agua por calentamiento, reduce la A_w a 0.8 aproximadamente. En la zona II el agua se encuentra distribuida en diferentes capas más estructuradas y en microcapilares obteniéndose valores de A_w cercanos a 0.25. Es más difícil de eliminar que la zona III. Los productos deshidratados pierden de agua y alcanzan una mayor estabilidad con valores de A_w menores de 0.5, que corresponden a humedad de 3-8%. Finalmente, al contenido de humedad de la zona I las reacciones de oxidación de lípidos se efectúan más fácilmente.

II.11 Calidad microbiológica en productos lácteos

El crecimiento de hongos y levaduras es causa común de deterioro en productos lácteos así como del alimento en estudio, por tener una fuente de suero lácteo (WPC), ya que estos microorganismos son capaces de crecer a bajos valores de pH. Estos productos son un nicho para el crecimiento de levaduras, en especial las que utilizan lactosa o ácido láctico y pueden tolerar altas concentraciones de sal. Estas levaduras pueden producir enzimas proteolíticas o lipolíticas cuya acción puede ser importante en el deterioro del alimento estudiado (Frank, 1997).

Hay varios componentes de los alimentos que protegen a los microorganismos contra el calor en diferentes grados. El almidón y la proteína generalmente actúan protegiendo a las esporas bacterianas. Las grasas y los aceites tienen un fuerte efecto protector en los microorganismos y esporas basado en la obstaculización de la penetración del calor húmedo. Otro mecanismo de protección de los microorganismos ocurre cuando están atrapados dentro de los glóbulos de grasa (Potter, 1973).

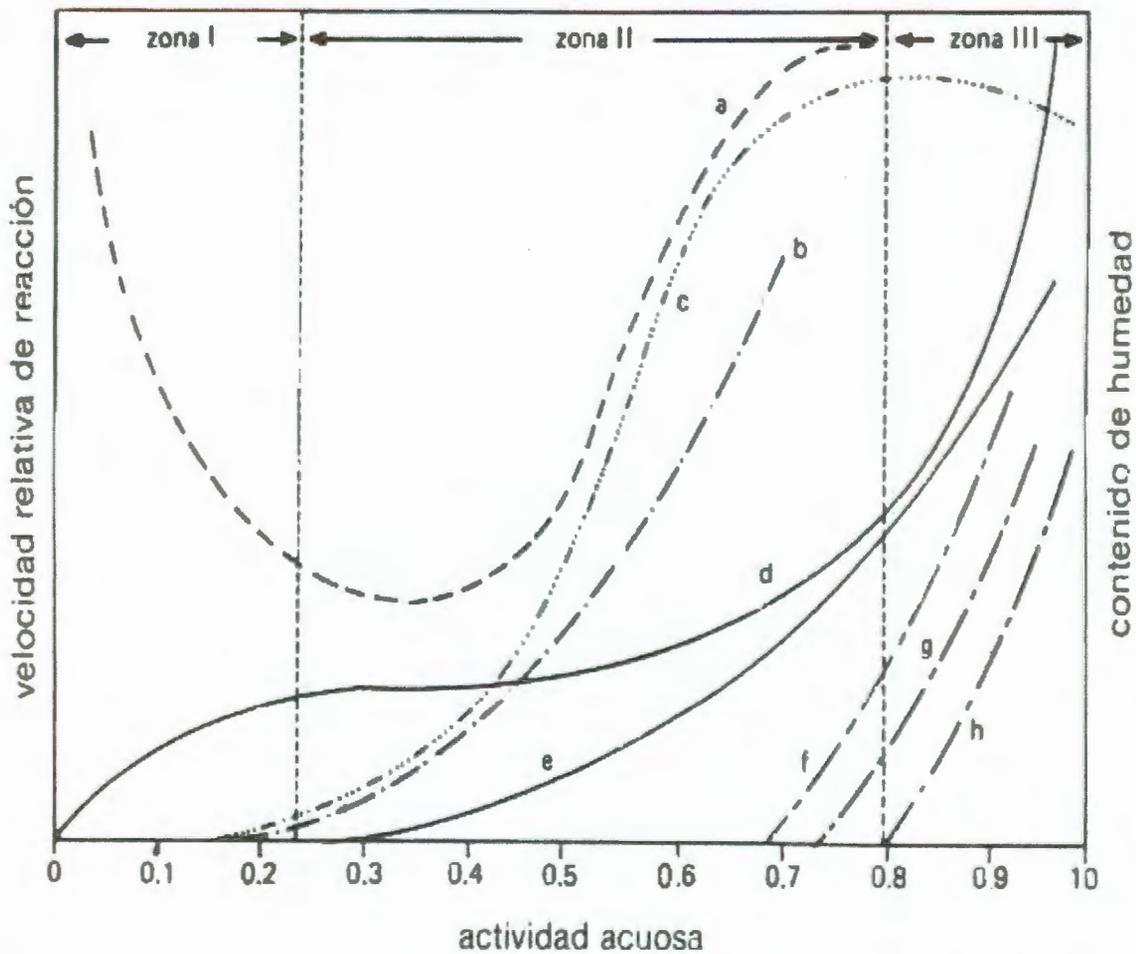


Figura 2. Cambios que ocurren en los alimentos en función de la actividad de agua a 20°C. a) Oxidación de lípidos, b) reacciones hidrolíticas, c) oscurecimiento no enzimático, d) isoterma de serción de humedad, e) actividad enzimática, f) crecimiento de hongos, g) crecimiento de levaduras, h) crecimiento de bacterias. (Fennema, 1993)

II.12 Textura de los alimentos

La textura es muy importante porque de ella depende la aceptabilidad del alimento en estudio, y se considera como uno de los cuatro factores de calidad en productos alimenticios, los otros tres son el sabor, la apariencia y el valor nutritivo (Bourne, 1978).

La textura fue definida como el conjunto de aquellas propiedades que surgen de los elementos estructurales del conjunto de alimentos y la forma en que se registran por los sentidos (Szczesniak, 1997).

El análisis de perfil de textura como se muestra en la Figura 3, es uno de los métodos más empleados para medir las características de los alimentos. Este método se basa en un doble ciclo de compresión de una muestra con dimensiones específicas, que limita la acción de la mandíbula donde se muestran los parámetros para la evolución de la textura:

Fracturabilidad: es definida como la fuerza del primer rompimiento significativo en la curva.

Dureza (firmeza): fuerza necesaria para lograr una deformación en una muestra dada ("primer bocado").

Cohesividad: fuerza de interacción que tienen los enlaces internos que forman el cuerpo del producto a estudiar (A_2/A_1).

Resortividad (elasticidad): razón por la cual un material deformado regresa a su condición inicial después de que la fuerza de deformación.

Adhesividad: trabajo necesario para superar la fuerza de atracción entre la superficie del alimento y la superficie de otros materiales con los cuales el alimento esta interaccionando, por ejemplo, lengua, boca, dientes, etc.(Civille y Szczesniak, 1973).

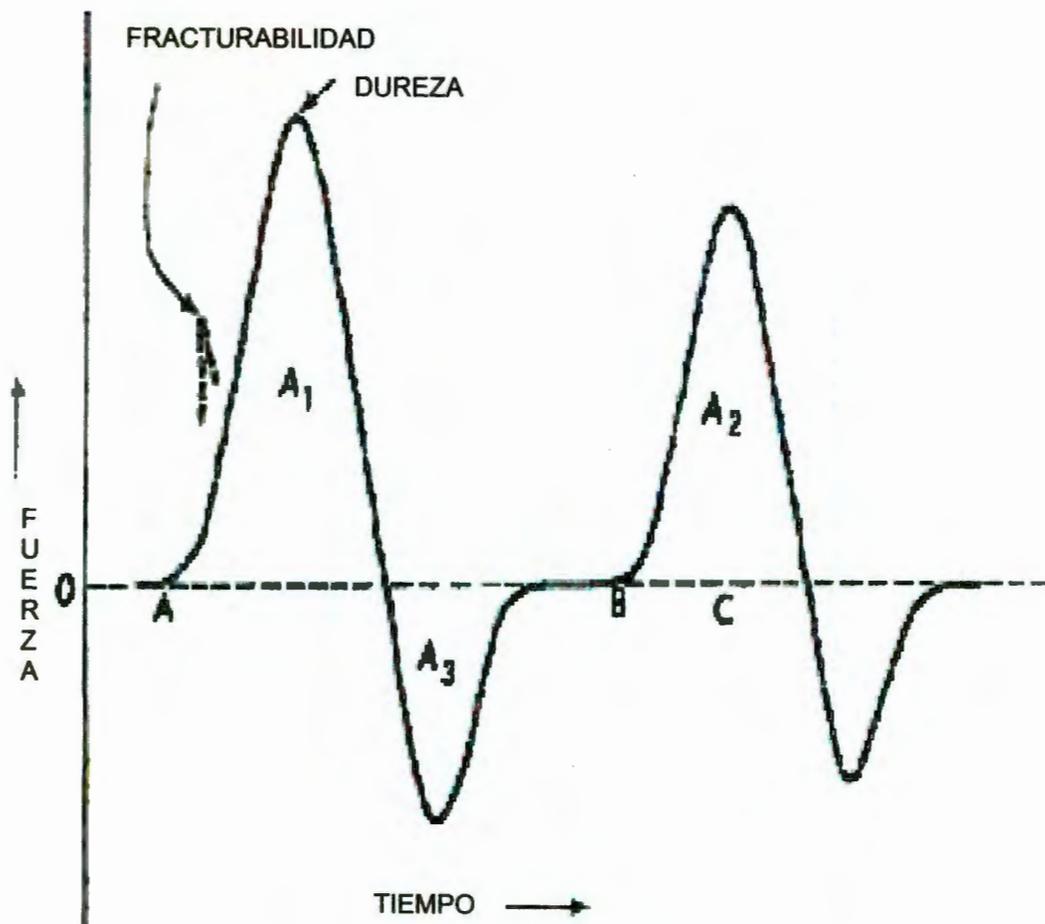


Figura 3. Curva de Análisis Típico del Perfil de Textura (TPA).
(Bourne, 1978)

III. HIPÓTESIS

Es posible desarrollar un dulce a base de suero lácteo utilizando como ingrediente el WPC que puede obtenerse en el Laboratorio de Biotecnología de alimentos del Departamento de investigación y posgrado en alimentos (DIPA) de la Facultad de Química, el cual otorgará valor nutrimental al dulce, siendo además sensorialmente agradable para una buena aceptación, en una población de niños de 10 a 12 años de edad.

IV. OBJETIVOS

VI.1 General

Realizar la formulación de un dulce con un alto contenido de proteína utilizando concentrado de proteína de suero lácteo, con características sensoriales aceptables para una población infantil.

IV.2 Específicos

Obtener un concentrado de proteína de suero (WPC) con contenido de proteína de alrededor del 65%.

Formular un dulce utilizando como uno de los ingredientes el WPC obtenido para incrementar el valor nutrimental

Obtener un dulce que satisfaga más del 5% del requerimiento proteico sugerido, para una población de niños entre 10 y 12 años de edad

Llevar a cabo pruebas fisicoquímicas y microbiológicas para determinar la vida de anaquel del dulce.

V. METODOLOGÍA

V.1 Materiales

Se utilizaron reactivos grado analítico para las determinaciones fisicoquímicas, tales como cloroformo, metanol, éter de petróleo, nitrato de magnesio, cloruro de litio, cloruro de sodio, óxido de lantano, ácido acético, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, éter dietílico, yoduro de potasio, yodo, hidróxido de sodio, difosfato de potasio, ácido bórico, verde de bromocresol, rojo de metilo, anaranjado de metilo, etanol, tiosulfato de sodio, dicromato de potasio, almidón de papa, mezcla selénica. Se utilizó agua desionizada para la preparación de medios de cultivos y reactivos, suministrado por un equipo Milli-Q (Millipore, México, DF). Se usó papa agar dextrosa (Bioxon, Cuautitlán Izcalli, México) para el recuento de hongos y levaduras, agar para métodos estándar (Bioxon) en cuenta total estándar y agar de bilis y rojo violeta (Bioxon) para la determinación de organismos coliformes.

V.1.1 Ingredientes

Saborizantes artificiales de fresa, chocolate y almendra (AF&F, México, DF), cocoa (ADM, Decatur, IL, EUA), colorante rojo No 5, colorante café chocolate Línea 170N (Deiman, México, DF), WPC-63.5 (obtenido del Laboratorio de Biotecnología de los Alimentos, UAQ, Querétaro, Qro.), esencia artificial líquida sabor almendra y chocolate (Deiman) sabor fresa 091-00093 (AF&F), aceite de soya parcialmente hidrogenado (Cristal, Zapopan, Jalisco), Lecitina de soya (Odonaji, México, DF), Maltodextrin (Maltrin M100, Estados Unidos de América), agua potable, jarabe de maíz de alta fructosa (HFCS-55) con Lote 3LB520 (CPIIngredientes, San Juan del Río, Qro.).

V.2 Métodos

V.2.1 Obtención del WPC y formulación del dulce sabor fresa, chocolate y almendra

V.2.1.1 Obtención del WPC

El suero lácteo se calentó a 45°C y se descremó en el equipo Elecrem (Boulogne, Francia), el suero ya descremado se filtró al vacío con filtros No 4 y 5 de 110 mn (Whatman, Maidstone, Inglaterra). La ultrafiltración (UF) y la diafiltración (DF), se efectuaron utilizando membranas Biomax de poliéter-sulfona de 10 kDa de punto de corte, en el equipo de UF tangencial Pellicon (millipore). Antes de la UF y DF se acondicionó el equipo por recirculación con 2L de agua grado HPLC (milli-Q, millipore) a 20 minutos por cada una de tres recirculaciones, después se preparó un amortiguador ajustándolo al mismo pH del suero lácteo, llevándolo a recirculación por 20 minutos y por último se introdujo el suero lácteo. Se concentró el suero al 10% de su volumen inicial, y para la DF al volumen final se le agregó el doble de agua grado HPLC, dejándose al volumen que tenía al final de la UF. El WPC obtenido se congeló a -70°C y posteriormente se liofilizó en un equipo LabConco (Freezone 18, Kansas, MI, EUA) obteniéndose el WPC en polvo.

V.2.1.2 Obtención de la formulación del dulce sabor fresa, chocolate y almendra

La obtención del dulce con diferentes sabores se realizó bajo el procedimiento sugerido por (Vázquez, 1999), donde se mezcló aceite de soya parcialmente hidrogenado con lecitina de soya en baño María durante 1 minuto. En otro recipiente se mezcló el WPC en polvo con el HFCS-55 bajo agitación constante hasta que desaparecieron los grumos. Posteriormente se incorporaron las dos mezclas anteriores con agitación constante seguida de la adición del saborizante y el colorante para obtener el dulce sabor chocolate. Se siguió el mismo procedimiento para los otros sabores, cambiando el saborizante y al colorante respectivo. Por

último toda la mezcla se homogeneizó a 8000 rpm usando el Ultra-turrax (W., Alemania) y por último se almacenaron en vasos de plástico con tapa.

V.2.2 Análisis proximal del WPC y de los dulces desarrollados

V.2.2.1 Humedad y sólidos totales

Para la determinación de humedad del WPC se usó el método 930.29 descrito por la AOAC (1997). Se pesó de 1 a 1.5 g de muestra en cápsulas de porcelana a peso constante por triplicado en una estufa WTCbinder (Moscú, Rusia) durante 5 h a 100°C; se enfriaron en un desecador conteniendo sílica y se pesaron, determinándose la humedad con la ecuación (1).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso inicial muestra} - \text{peso final muestra} \times 100}{\text{Peso inicial de muestra}} \quad (1)$$

La determinación de humedad de las muestras de los dulces desarrollados se determinó utilizando el método de secado en estufa de vacío (Pearson, 1987), en el equipo ShellLab (EUA), debido al alto contenido de azúcar. Se colocó 1 g de muestra en cápsulas de porcelana a peso constante, esto se llevó a cabo por triplicado, con una presión de 15 mmHg a 80° C durante 24 h. Después de enfriar las cápsulas en un desecador conteniendo sílica y se pesaron determinándose la humedad con la ecuación (1):

V.2.2.2 Proteína

La cantidad de proteína presente en el WPC se determinó mediante el método Kjeldahl (AOAC, 1997; 930.29). Se pesaron de 1 a 1.5 g de muestra (teniendo una cantidad aproximada de 0.033 g de nitrógeno), en tubos de digestión sin que la

muestra quedara adherida en las paredes y en los mismos tubos se agregaron 3.9 g de mezcla catalizadora (3.5 g de sulfato de sodio con 0.4 g de sulfato de cobre) con 25 ml de ácido sulfúrico concentrado; además se puso una muestra de una concentración conocida, un blanco y se sometieron a una digestión de aproximadamente 3 h (esto se lleva a cabo en una campa de humo). La digestión se dio por terminada cuando los tubos se tomaron transparentes, y mostrando una coloración verde esmeralda. Para la destilación se utilizó el Kjeltec System de Tecator (Allanadle, FL, EUA) se destilo el amoniaco liberado por la ebullición en condición alcalina del digerido colocado en el equipo. Se recogieron aproximadamente 120 ml, en un matraz kitasato conteniendo 25 ml de una solución indicadora de ácido bórico (incluyendo el verde de bromocresol y rojo de metilo) en un matraz kitasato. Se titularon las muestras digeridas con ácido clorhídrico 0.1 N, y se obtuvo el % de proteína cruda, empleando la ecuación (2) y (3):

$$\%N = \frac{[(\text{ml HCl muestra} - \text{ml HCl blanco})(0.014)] \times 100}{\text{g muestra}} \quad (2)$$

Multiplicando por un factor conocido como lo indica la ecuación 3.

$$\% \text{Proteína cruda} = \%N \times \text{Factor} = \%N \times 6.38 \text{ (para lácteos)} \quad (3)$$

V.2.2.3 Grasa

Mediante el método 932.06 del extracto etéreo en Soxhlet (AOAC, 1997). Se pesaron 2 g de muestra para el dulce y 1g para el WPC, se colocaron en tubos de celulosa tapados con algodón a peso constante durante 1h a 105°C. Posteriormente el matraz bola de fondo plano del equipo Soxhlet también se mantuvo a peso constante durante 5 a 6 h a 105°C. Se colocaron los tubos de celulosa en cada uno de los compartimientos y se llenaron los matraces a la mitad

de su volumen con éter de petróleo 25 ml para asegurar el llenado del compartimiento de los tubos de celulosa; garantizar un buen reflujo y que toda la grasa estuviera en contacto con el solvente, después se montó el equipo simultáneamente, regulando la temperatura a ebullición suave y se sometió a reflujo 5h. Se evaluó una muestra conocida de grasa. Se cuidó que el goteo fuera constante de 4 a 5 gotas por segundo. Al terminar el tiempo de reflujo, se evaporó el solvente; dejando los matraces a las parrillas calientes pero sin suministro de energía, la última porción del solvente se evaporó calentando los matraces a 70°C durante 1h, luego se colocaron dentro de un desecador y al enfriarse se pesaron para determinar la cantidad de grasa con la ayuda de la ecuación (4):

Se hicieron únicamente determinaciones por duplicado, debido al elevado consumo de muestra y su disponibilidad.

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{Peso final de matraz- peso inicial del matraz} \times 100}{\text{Peso de la muestra seca}} \quad (4)$$

V.2.2.4 Cenizas

Las determinaciones de cenizas es un paso previo para la cuantificación de los minerales incluyendo la determinación del calcio. Se usó el método 930.30 (AOAC, 1997). Se pesaron 5 g del dulce en un crisol a peso constante, por triplicado. Estos crisoles con la muestra se colocaron en un horno tipo mufla a 550°C por 4 h, obteniendo una coloración blanca. Se dejaron enfriar 150°C para poder retirar los crisoles y ponerlos en el desecador y pesar, con la ecuación (5) se determinó el % de cenizas:

$$\% \text{Cenizas} = \frac{(\text{Peso inicial de muestra} - \text{peso final de muestra}) \times 100}{\text{Peso inicial de muestra}} \quad (5)$$

V.2.2.5 Azúcares totales

Se utilizó el método espectrofotométrico del fenol-sulfúrico (Dubois y col., 1956). En el WPC sólo se encuentra la lactosa del suero mientras que en el dulce encontramos algunos de los ingredientes, tales como el jarabe de alta fructosa, la maltodextrina y la lactosa del suero; desde el punto de vista nutricional estos carbohidratos nos generan energía. Se hizo una curva de calibración con glucosa y con lactosa, para ambas se midió la absorbancia a 490 nm en el intervalo de 50 a 25 µg/ml (ver Anexo 1 y Anexo 2) para glucosa, y para lactosa en el intervalo de 10µg/ml a 100 µg/ml. A cada una de las concentraciones se le agregó 1 ml de fenol al 5% así como 5 ml de ácido sulfúrico concentrado teniendo una agitación constante. Para acelerar el enfriado se llevaron los tubos a baño María a 25°C por 10 min, para luego medir la absorbancia a 490 nm; todo se llevó a cabo por triplicado. Además se preparó un blanco teniendo presente el agua, el fenol al 5% y el ácido sulfúrico (sin la muestra). Se pesó 1g de muestra y se disolvió con agua destilada en un matraz aforado de 100 ml, tomándose de aquí 1 ml para aforarse a 100 ml al no entrar dentro de la curva se volvió a diluir con agua destilada 1ml en un matraz aforado de 100 ml. El contenido de carbohidratos se calculó mediante la ecuación (6):

$$C = \frac{(X/m)(f)}{100} \quad (6)$$

Donde:

C = Concentración de azúcar en la muestra (%)

X = Concentración obtenida mg/ml

m = masa de la muestra utilizada (g)

f = factor de dilución

Por último se multiplicó el valor final de C por el factor 0.925 esto debido a la incorporación de una molécula de agua en cada unidad de glucosa durante la hidrólisis.

V.2.2.6 pH

El pH se determinó según la Norma Oficial Mexicana F-317-S-1978 (NMX-F-317-S-1978). Se calibró el potenciómetro Corning (México, DF) con soluciones reguladoras marca Baker (EUA) de pH 4 y 7 por la acidez del producto. El dulce a los tres sabores se disolvieron en agua destilada con una relación de 10 a 20 ml de agua destilada recientemente hervida por cada 100 g del dulce, con objeto de formar una pasta uniforme. Se ajustó la temperatura a $20^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ después se sumergió el electrodo en la muestra de manera que lo cubriera perfectamente, haciendo la medición del pH, posteriormente se sacó el electrodo y se lavó con agua. El valor del pH del dulce se leyó directamente en la escala del potenciómetro.

V.2.2.7 Determinación del calcio

El calcio se determinó usando el manual Perkin Elmer (1994). Se pesaron 2 g de muestra en cápsulas de porcelana a 550°C y por 4 h o hasta que la muestra tuviera una coloración blanca. Una vez que las cenizas se enfriaron se agregaron 10 ml de HCl 3N y se calentaron las muestras en platos calientes por 10 min, teniendo cuidado de no proyectar la muestra. La muestra fría se filtró con papel filtro del No 4 (Whatman) en un matraz aforado de 25 ml y se diluyó con agua grado HPLC. La dilución contenía solución de cloruro de lantano al 1%. Para la curva de calibración del calcio (ver Anexo 3) se preparó una solución de concentración conocida, y se diluyó para obtener concentraciones de 1, 2, 3, 4 y 5 mg/L de calcio. Se preparó también un blanco, el cual tenía todo los reactivos menos la muestra.

Las muestras se midieron en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer modelo 2380 usando una flama de aire-acetileno y una lámpara de cátodo

hueco de Ca, con una absorbancia de 422.7 nm. El contenido de calcio en el dulce se obtuvo usando la ecuación (7):

$$\text{ppm} = \frac{\text{Concentración del dulce}}{[(\text{peso de la muestra}) / V(\text{ml})]} \quad (7)$$

V.2.2.8 Actividad de agua (A_w)

Los cambios que sufrió el dulce formulado con tres diferentes sabores, se monitorearon durante 3 meses usando Aqua-Lab (Pullman, USA), midiendo tres replicas por muestra. El Aqua-Lab, se calibró con soluciones saturadas de LiCl en ($A_w = 0.113$) y $\text{Mg}(\text{NO}_2)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ($A_w = 0.529$) a 25°C .

V.2.3 Análisis de perfil de textura

Las muestras del dulce de diferentes sabores se colocaron en recipientes iguales de plástico y se dejaron en reposo a temperatura constante de 25°C por 30 min antes de cada lectura. Las muestras se leyeron cada semana hasta llegar a la séptima. Se usó una sonda cilíndrica de 10 mm de diámetro con una distancia a la superficie de 3 mm y 5 g de fuerza. Antes de ser colocadas las muestras a analizar en el analizador de textura marca TA-XT2 con programa compatible Texture Expert. (Trafrac.res). El equipo fue previamente calibrado con una pesa de 5 kg como indica el manual de operación del equipo. Como resultado de la prueba realizada se obtuvieron curvas para cada uno de los siguientes parámetros: dureza, fracturabilidad, adhesividad, resortividad y cohesividad. Se compararon los resultados del dulce a los tres sabores con los resultados de un dulce conocido que se encuentra en el mercado.

V.2.4 Evaluación de la vida de anaquel del dulce

Para determinar la vida de anaquel primero se trazó la gráfica de valores del índice de peróxido evaluados a 298, 303 y 311 K, como una función del tiempo (48 h, 1344 h y 2016 h); se obtuvieron los tres valores de la vida útil (θ_s) en meq/kg, por interpolación de la gráfica de la ecuación 8, considerando como valor máximo de índice de peróxido a aquel que recomienda el CODEX-STAN-210 (1999) como máximo permisible para aceites refinados (10 meq/kg de aceite). En seguida se obtuvo el logaritmo (base 10) de vida útil y se graficaron contra el recíproco de las temperaturas de almacenamiento: 298, 303 y 311K. Los datos se ajustaron a una recta usando la ecuación 9. La pendiente de dicha ecuación, según la teoría de Arrhenius, representa la muestra obteniéndose la energía de activación (E_a):

$$IP = Y_0 + a \theta_s \quad (8)$$

En donde:

IP = índice de peróxido (meq/kg)

Y_0 = ordenada al origen

a = pendiente

θ_s = la vida útil

$$\log \theta_s = (E_a/R)(1/T) + A_0 \quad (9)$$

En donde:

E_a = energía de activación (cal/mol)

R = constante de los gases (1.987 cal/Kmol)

m = pendiente

A_0 = ordenada al origen

T = temperatura absoluta (K)

V.2.5 Índice de peróxido

El índice de peróxido del dulce de diferentes sabores se determinó mediante el método 965.33 (AOAC, 1997). Se pesó 1g del dulce a los tres diferentes sabores adicionando 30 ml de una solución de ácido acético glacial y cloroformo ($\text{CH}_3\text{COOH}-\text{CHCl}_3$) agitándose para disolverse completamente después se agrego 0.5 ml de de solución de KI saturada (5g/ml) , se agito por 1 min y se adicionaron 30 ml de H_2O destilada. Lentamente se tituló con $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 5mM con vigorosa agitación hasta perder el color amarillo adicionando 0.5 ml al 1% solución de almidón y se continuo titulado se volvió agitar vigorosamente hasta la liberación de todo el I_2 del CHCl_3 hasta desaparecer ese color. Al obtener los ml gastados se pudo sacar el valor de peróxido con la ecuación (10):

Donde:

S = ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (blanco corregido)

M = molaridad $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ de la solución

$$\text{Índice de peróxido (meq peróxido/kg de grasa)} = \frac{\text{S} \times \text{M} \times 1000}{\text{g de muestra}} \quad (10)$$

Para la estandarización del $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ en un matraz Erlenmeyer se pesaron exactamente de 0.2 a 0.23 gr de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (se dejó secar 2 h a 100°C) y se disolvieron en 80 ml de agua grado HPLC conteniendo 2 g de KI. Se adicionó con agitación 20 ml de HCl 1M e inmediatamente se introdujo en un lugar oscuro durante 10 min, enseguida se tituló con $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ adicionando solución de almidón al 5%, hasta que todo el I_2 se halla consumido. Para calcular la molaridad se utilizó la ecuación (11):

$$\text{Molaridad (mol/L)} = \frac{\text{g de K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times 1000}{\text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 49.032} \quad (11)$$

V.7 Parámetros microbiológicos

Otro de los factores para la vida de anaquel del dulce a diferentes sabores se hicieron tres pruebas importantes como cuenta total estándar, coliformes y hongos y levaduras. Estas se llevaron a cabo usando las normas siguientes: la preparación y dilución de muestras del dulce se llevó a cabo según lo indica la Norma Oficial Mexicana-110-SSA1-1994 (NOM-110-SSA1-1994), para la cuenta total estándar NOM-092-SSA1-1994, para hongos y levaduras NOM-111-SSA1-1994, coniformes NOM-113-SSA1-1994. Los recuentos se llevaron a cabo en placas y cada uno a sus temperaturas y días de incubación indicados.

En la preparación de los medios selectivos en hongos y levaduras se utilizó el agar papa dextrosa siguiendo las instrucciones del fabricante, se acidifico a un pH de 3.5 ± 0.1 con ácido tartárico estéril al 10% (aproximadamente 1.4 ml de ácido tartárico por 100 ml de medio). En la preparación del medio selectivo en coliformes totales se utilizó el agar bilis rojo violeta a $\text{pH } 7.4 \pm 0.2$ y para cuenta total el medio para cuenta total estándar a $\text{pH } 7.0 \pm 0.2$. La preparación de la muestra (25° , 30° y 38°C) se llevó a cabo pesándose 1 g de muestra diluyéndose en 9ml de agua peptonada, se homogeneizó hasta obtener una suspensión completa (conteniendo nueve veces el volumen del diluyente estéril a temperatura apropiada, evitando el contacto entre la espátula y el diluyente), obteniéndose así la dilución 10^{-1} y se hicieron más diluciones a partir de esta según fuera necesario, se inoculó la muestra en dilución apropiada usando el método considerándose el recuento de las colonias se efectuó como se indica en la Norma Oficial Correspondiente. Después de inocular las diluciones de las muestras en las cajas petri, se agrego de 12 a 15 ml del medio preparado, se mezcló mediante 6 movimientos de derecha a izquierda, 6 en el sentido de las manecillas del reloj, 6 en sentido contrario y 6 de atrás hacia

adelante, en una superficie lisa y horizontal hasta que se completó la incorporación del inóculo en el medio. En seguida se dejó solidificar, la incubación de las cajas se hizo en posición invertida (la tapa hacia abajo) por el tiempo y la temperatura requeridas. Los coliformes totales se incubaron a 35°C en aproximadamente 24 h), incubación de hongos y levaduras fue a 25°C ± 1°C durante 5 días la incubación para la cuenta total fue a 35°C durante 48 h. Se contaron todas las colonias desarrolladas después de los días indicados para cada prueba, reportándose las unidades como UFC/g de muestra. Los ensayos se realizaron por duplicado.

V.2.7 Análisis sensorial

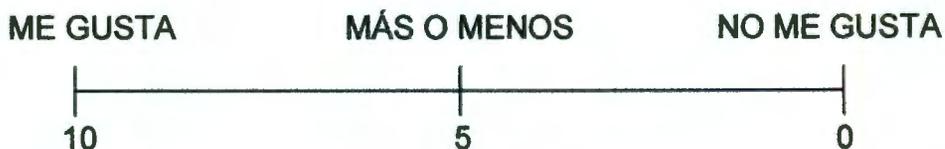
Se hicieron degustaciones con el formato que indica (Pedrero y Pangborn, 1989) con modificaciones, como se muestra en la Figura 4, para saber si el dulce formulado era del agrado de los niños. Esta prueba se realizó con una población de 100 niños de 10 y 12 años de edad en la Escuela Paula Montal Fornes de la ciudad de Querétaro. Las preguntas fueron sencillas como se muestra en la Figura 3, para ser entendidas rápidamente por los niños, con una escala de me gusta = 10; más o menos = 5 y no me gusta = 0.

EDAD _____

INSTRUCCIONES: Prueba el dulce e indica con una "X" su nivel de agrado, de acuerdo con la escala que se presenta a continuación.

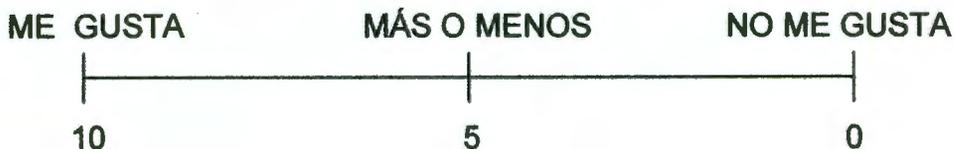
MUESTRA

705



MUESTRA

670



MUESTRA

463



MUESTRA

392



Figura 4. Formato de encuesta para la degustación del dulce sabor fresa y chocolate.

VI. RESULTADOS

En el Cuadro 9, se muestra el análisis proximal del WPC obtenido en el Laboratorio de Biotecnología y el WPC de una marca comercial.

Al procesarse 15 L de suero lácteo solo se obtuvieron 1.5 L, lo cual corresponde al 10% de su volumen inicial, y al liofilizarse se logró 145 g de WPC. El análisis proximal del WPC arrojó el 63.5% de proteína (WPC-63.5), el cual se considera alto, según los rangos de concentración de proteína del WPC, que pueden ser de 34–80% (Aguilera, 1995), en donde el valor obtenido entra dentro de este rango. La concentración de la lactosa fue del 13.8% y con respecto a la grasa se obtuvo una concentración de 4.7%. Además la composición se comparó con un WPC comercial en donde la proteína obtenida en este trabajo fue menor que la proteína del WPC comercial.

Cuadro 9. Análisis proximal del WPC obtenido contra WPC comercial

Componentes	Composición del WPC (suero las Palmas)	*Composición
Proteína	63.5% ± (0.251)	70%
Grasa	4.7%± (0.244)	4.5%
Ceniza	4.3%± (0.227)	4.6%
Lactosa	13.8%± (0.237)	ND
Humedad	7.72%± (0.245)	4.2%

*Proteínas de suero concentradas ALACEN 132 (New Zealand Dairy Board).

ND: no determinado.

Los números en paréntesis indican la desviación estándar

En Cuadro 10, se muestra el análisis proximal del dulce formulado sabor fresa, chocolate y almendra.

Una vez elegida la formulación se llevó a cabo el análisis proximal del dulce sabor fresa, chocolate y almendra, todo esto en 30 g del producto en donde la composición fue mayor en la grasa y carbohidratos con una aproximación del 13.5% y 50% respectivamente, en donde también se incremento la proteína con un 2.67% en comparación con golosinas que no aportan ningún valor nutrimental. Para una población de niños 10 a 12 años de edad con peso de típico 35 g, considerando una actividad física fuerte, equivalente a un consumo diario de 2400 Kcal, 30 g del dulce aportan 5.64% de la IDR para proteína. En el caso de las niñas y 5.48% para las niñas de proteína con respecto a la IDR respectivamente. Otro factor importante es el calcio donde su IDR es de 1200 mg por día como lo indica (Muñoz y col., 1996), en donde el dulce de fresa tuvo 48.07 mg/kg de calcio. Esto fue calculado con respecto a los resultados obtenidos del Cuadro 10.

Cuadro 10. Análisis proximal del dulce formulado sabor fresa, chocolate y almendra

Componente	Diferentes sabores del dulce (% en base húmeda)		
	Chocolate	Fresa	Almendra
Proteínas (N X 6.38)	2.67±(0.011)	2.67±(0.027)	2.67±(0.023)
Grasa	13.5±(0.028)	13.4±(0.031)	13.7±(0.029)
Carbohidratos	51.25±(0.025)	53.80±(0.081)	49.96±(0.019)
Calcio	40.263 mg/kg	48.07 mg/kg	42.23 mg/kg
Humedad	12±(0.04)	11.9±(0.029)	13±(0.043)
Cenizas	3.4±(0.027)	3.1±(0.029)	3.9±(0.032)

Los números en paréntesis indican la desviación estándar.

El contenido de proteína en el dulce fue para 30 g de muestra para cada sabor.

Se hicieron triplicados de una muestra ya que no se contaba con la suficiente muestra para hacer replicas verdaderas.

En la Figura 5, se muestra el pH del dulce sabor fresa, chocolate y almendra con respecto al tiempo de almacenamiento a 25°C.

En está gráfica se observa, que respecto al pH el dulce sabor fresa disminuye de 5.15 a 4.50 mientras que los dulces con sabores de chocolate y almendra disminuyeron teniendo un comportamiento similar, que fue de 5.11 a 4.84 y 5.12 a 4.84 respectivamente.

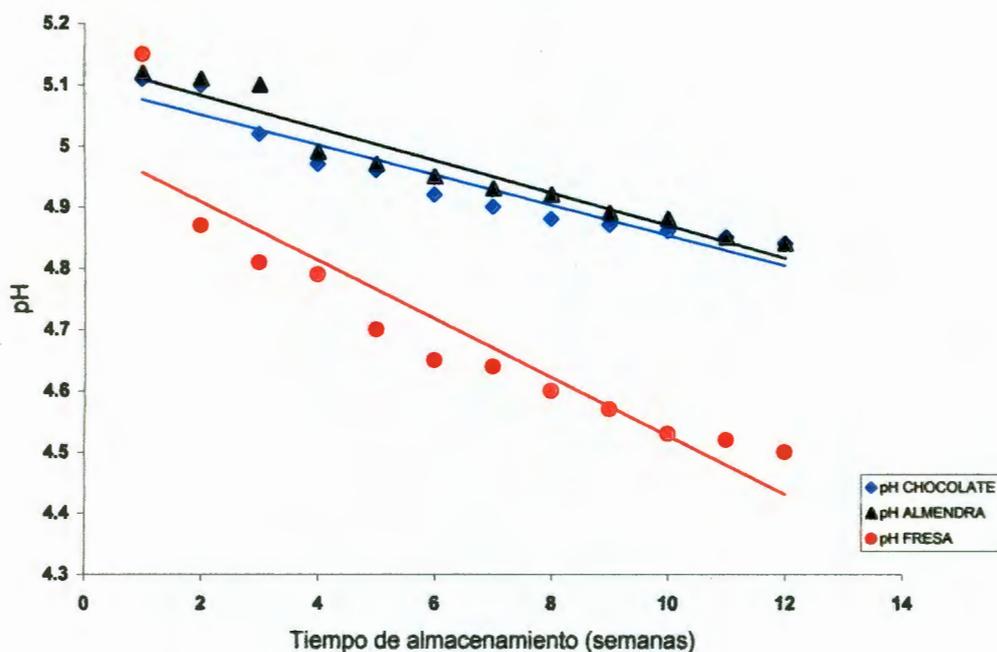


Figura 5. Variación del pH con respecto al tiempo de almacenamiento a 25°C en el dulce formulado sabor chocolate, almendra y fresa.

En la Figura 6, se muestra el pH del dulce sabor fresa, chocolate y almendra con respecto al tiempo de almacenamiento a 30°C

En está gráfica se observa, que en relación a los cambios de pH, disminuye de 5.12 a 4.20 mientras que los dulce de sabor chocolate y almendra disminuyeron, teniendo un comportamiento muy similar desde que se iniciaron sus monitoreos hasta el final de los mismos.

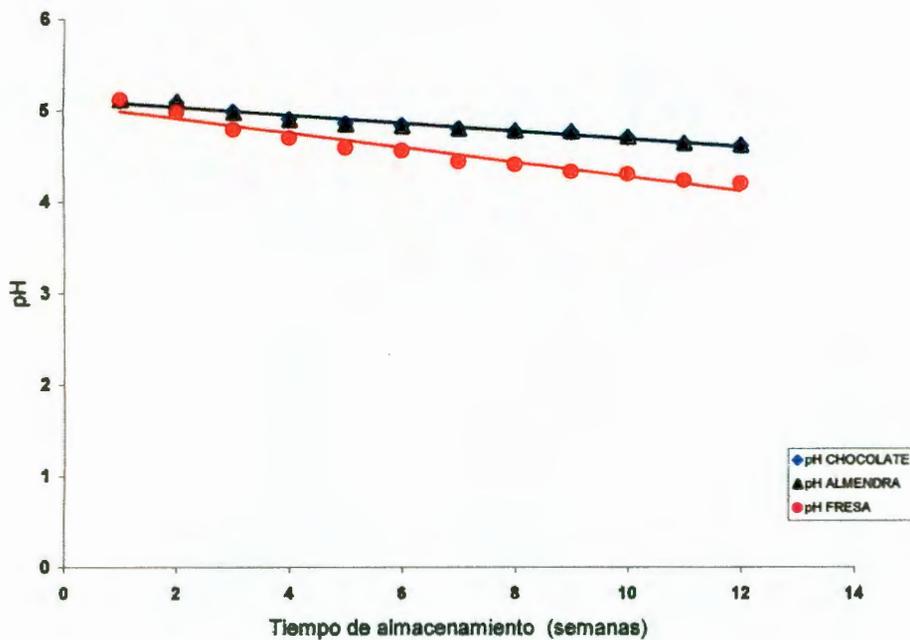


Figura 6. Variación del pH con respecto al tiempo de almacenamiento a 30°C en el dulce formulado sabor chocolate, almendra y fresa.

En la Figura 7, se muestra el pH del dulce sabor fresa, chocolate y almendra con respecto al tiempo de almacenamiento a 38°C.

En esta gráfica se observa, que los tres sabores del dulce se comportan con una tendencia casi igual en donde ligeramente el dulce sabor fresa tenía un pH de 5.11 a 4.11.

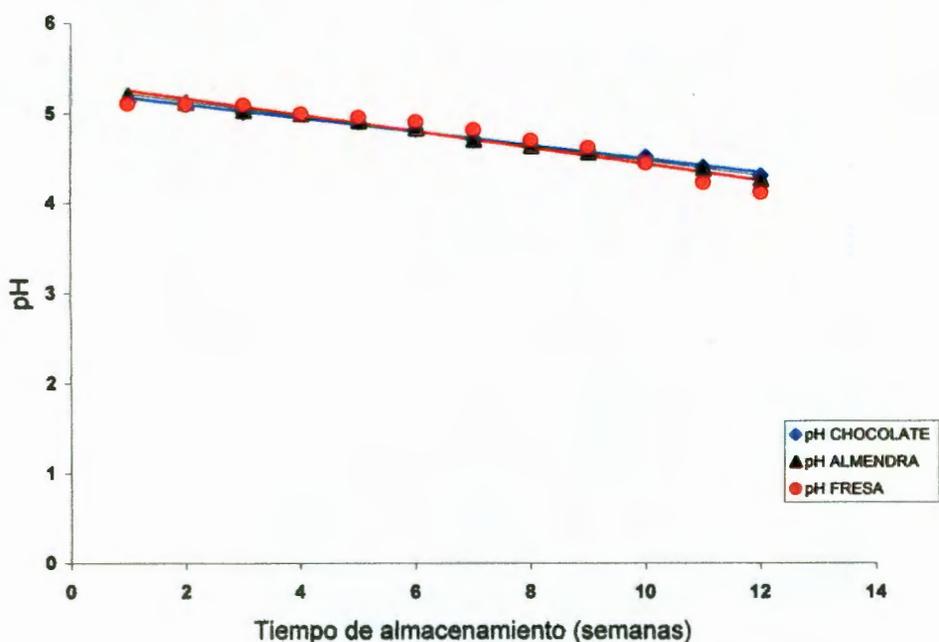


Figura 7. Variación del pH con respecto al tiempo de almacenamiento a 38°C en el dulce formulado sabor chocolate, almendra y fresa.

En la Figura 8, se muestra la relación de la actividad de agua (A_w) con respecto al tiempo de almacenamiento a 25°C del dulce sabor fresa, chocolate y almendra

Se observa como la A_w disminuye con respecto al tiempo de almacenamiento; en donde el dulce sabor chocolate tiene una mayor disminución de la A_w de 0.622 a 0.480 mientras que el dulce sabor fresa y almendra se comportaron muy similares.

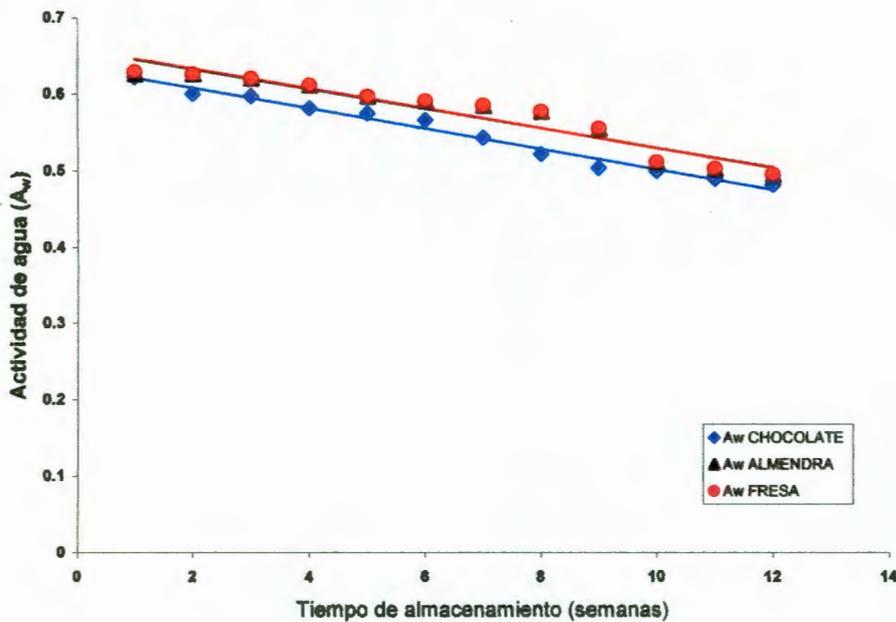


Figura 8. Variación de la actividad de agua (A_w) con respecto al tiempo de almacenamiento a 25°C en el dulce formulado sabor chocolate, almendra y fresa.

En la Figura 9, se muestra la relación de la actividad de agua (A_w) con respecto al tiempo de almacenamiento a 30°C del dulce sabor fresa, chocolate y almendra

Se observa como la A_w disminuye con respecto al tiempo de almacenamiento; el dulce sabor fresa y chocolate tienen una mayor disminución de la A_w que es de 0.613 a 0.460 y 0.615 a 0.470 respectivamente mientras que el dulce sabor almendra tuvo una A_w menor que varió de 0.615 a 0.487.

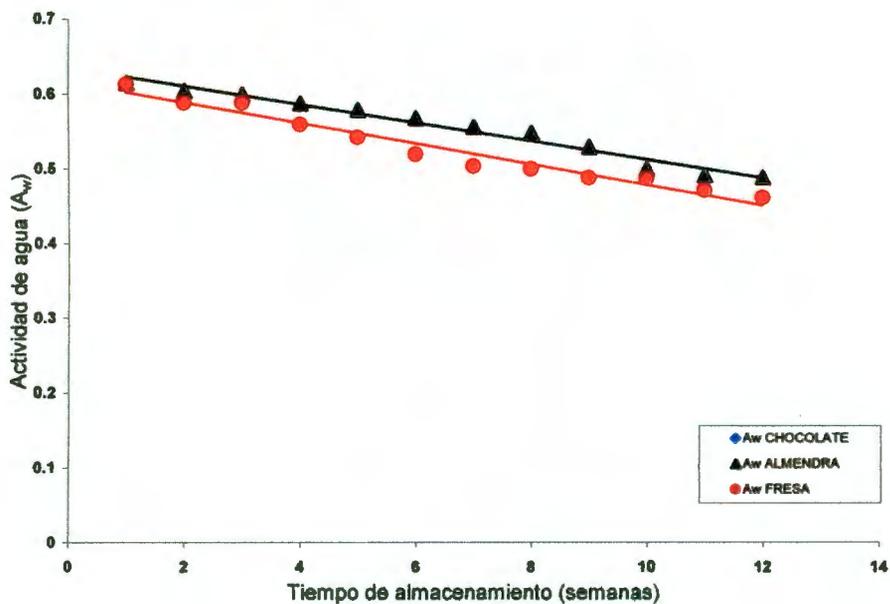


Figura 9. Variación de la A_w (actividad de agua) con respecto al tiempo de almacenamiento a 30°C en el dulce formulado sabor chocolate, almendra y fresa.

En la Figura 10, se muestra la relación de la actividad de agua (A_w) con respecto al tiempo de almacenamiento a 38°C del dulce formulado sabor fresa, chocolate y almendra

Se observa como la A_w disminuye con respecto al tiempo de almacenamiento; el dulce sabor fresa tiene una mayor disminución de la A_w que es de 0.619 a 0.423 mientras que el dulce sabor almendra y chocolate tuvieron un comportamiento muy similar donde su A_w fue de 0.620 a 0.471 y 0.618 a 0.470 respectivamente.

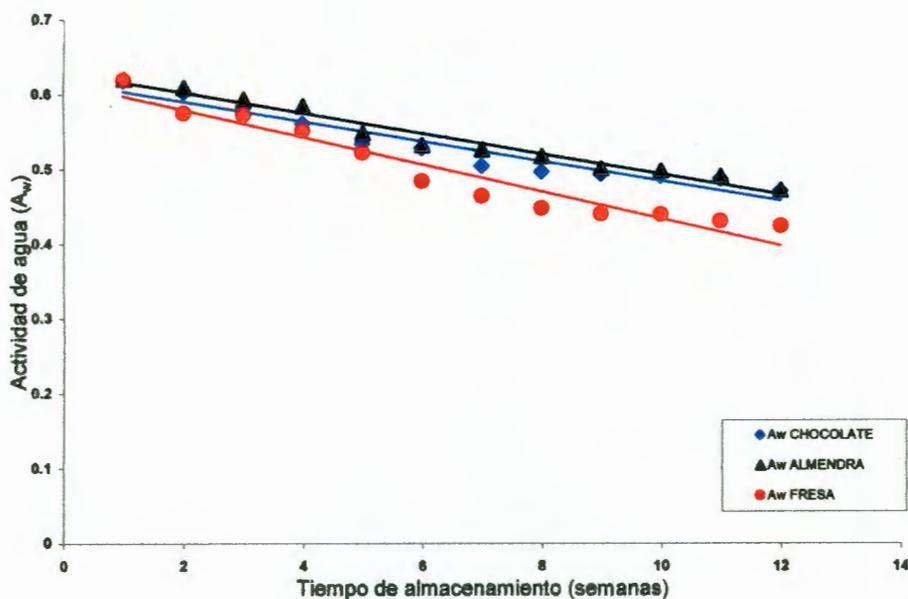


Figura 10. Variación de la A_w (actividad de agua) con respecto al tiempo de almacenamiento a 38°C en el dulce formulado sabor chocolate, almendra y fresa.

En la Figura 11, se muestra la variación de la dureza con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce sabor fresa, con respecto a un dulce comercial sabor fresa.

Se observa como la dureza del dulce formulado aumenta considerablemente con respecto al dulce comercial, esto es en las tres temperaturas, además, se puede observar que en la dureza del dulce formulado a 38°C se proyecta, teniendo de la primera a la séptima semana una variación de 11.43 g de dureza.

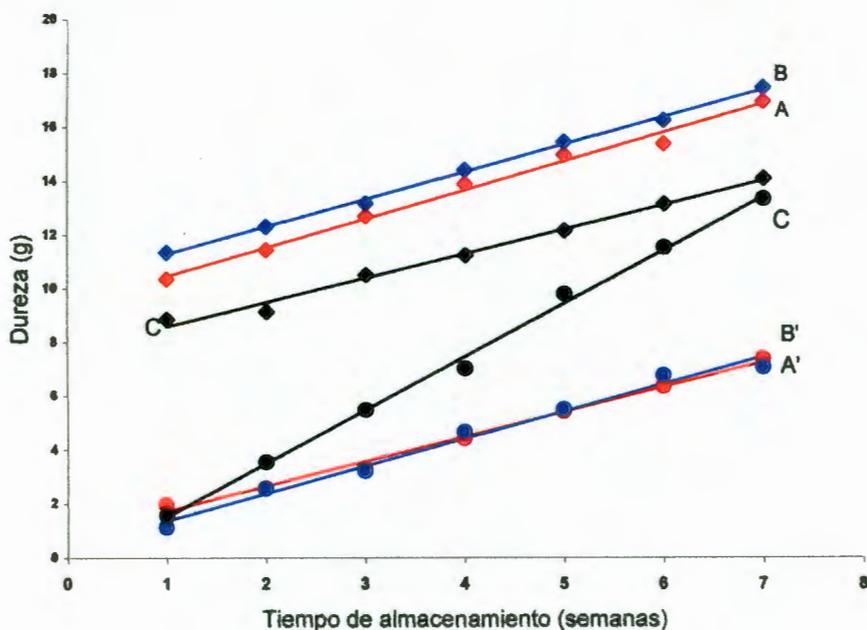


Figura 11. Respuesta de la dureza con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor fresa con respecto a un dulce comercialmente conocido sabor fresa.

A. dulce comercial a 25°C (♦), B. dulce comercial a 30°C (♦), C. dulce comercial a 38°C (♦), A'. dulce elaborado a 25°C (●), B'. dulce elaborado a 30°C (●), C'. dulce elaborado a 38°C (●).

Cabe aclarar que el dulce comercial sabor avellana tiene un sabor semejante al que se formuló con sabor chocolate, de acuerdo a una prueba sensorial realizada en el laboratorio.

En la Figura 12, se muestra la variación de la dureza con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce sabor chocolate con respecto a un dulce comercial sabor avellana.

Se observa como la dureza del dulce formulado aumenta considerablemente con respecto al dulce comercial, esto es en las tres temperaturas, también se puede observar que la dureza del dulce formulado a 30°C fue la más estable obteniendo de la primera a la séptima semana una variación de dureza de 6.2 g mientras que el dulce formulado a las temperaturas de 25 y 38°C tuvieron un comportamiento similar entre ellas.

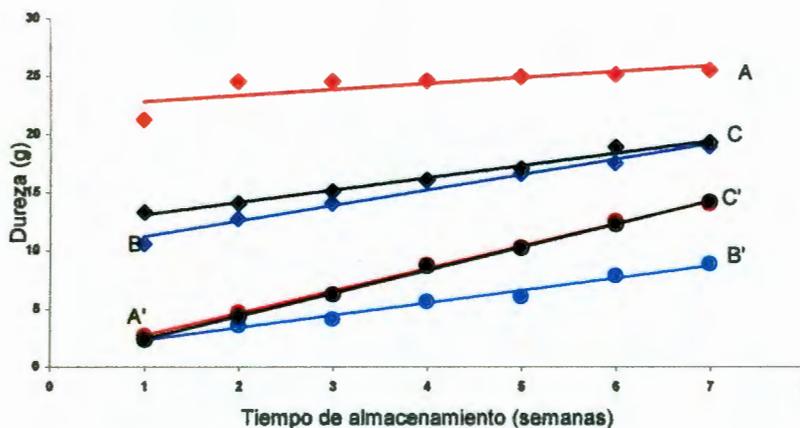


Figura 12. Respuesta de la dureza con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor chocolate con respecto a un dulce comercialmente conocido sabor avellana.

A. dulce comercial a 25°C (♦), B. dulce comercial a 30°C (♦), C. dulce comercial a 38°C (♦), A'. dulce elaborado a 25°C (●), B'. dulce elaborado a 30°C (●), C'. dulce elaborado a 38°C (●).

Para propósitos de comparación de las propiedades de textura se compara nuevamente el sabor comercial de avellana, ahora con el dulce formulado sabor chocolate.

En la Figura 13, se muestra la variación de la dureza con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce sabor almendra con respecto a un dulce comercial sabor avellana.

Se observa como la dureza del dulce formulado aumenta considerablemente con respecto al dulce comercial, esto es en las tres temperaturas evaluadas, además la dureza del dulce formulado a 38°C tuvo una mayor variación de dureza del 12.14 g de la primera a la séptima.

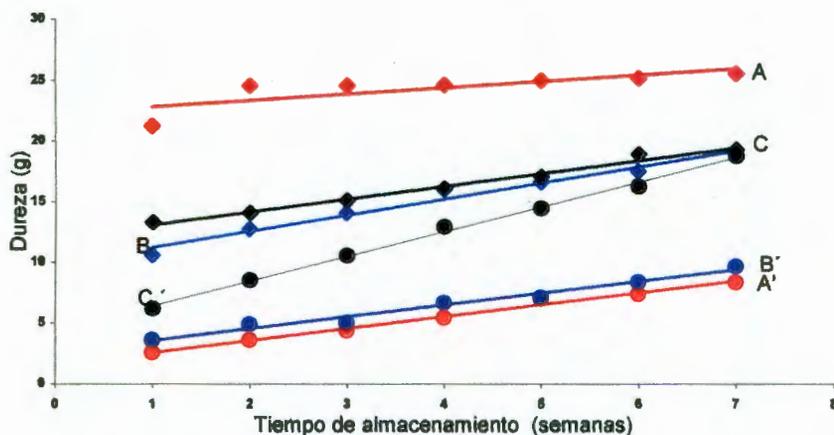


Figura 13. Respuesta de la dureza con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor almendra con respecto a un dulce comercialmente conocido sabor avellana.

A. dulce comercial a 25°C (♦), B. dulce comercial a 30°C (♦), C. dulce comercial a 38°C (♦), A'. dulce elaborado a 25°C (●), B'. dulce elaborado a 30°C (●), C'. dulce elaborado a 38°C (●).

En la Figura 14, se muestra la variación de la fracturabilidad con respecto al tiempo y almacenamiento del dulce sabor fresa con respecto a un dulce comercialmente conocido del mismo sabor.

Se observa como la fracturabilidad del dulce formulado aumenta considerablemente con respecto al dulce comercial, esto es en las tres temperaturas, el dulce formulado a 25°C fue el que tuvo un comportamiento más aproximado al dulce comercial con una variación en fracturabilidad de 22.42 g durante las siete semanas de almacenamiento, mientras que los dulce formulados a temperaturas de 30 y 38°C de almacenamiento, terminaron con una fracturabilidad de 70.19 g y 70 g respectivamente.

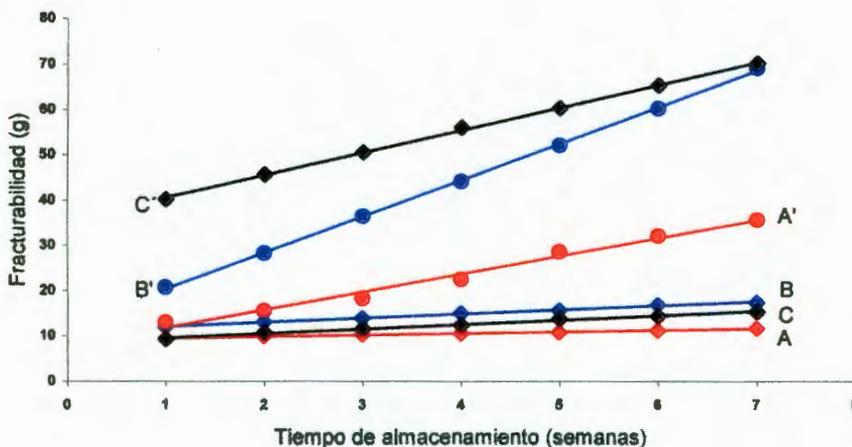


Figura 14. Respuesta de la fracturabilidad con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor fresa con respecto a un dulce comercialmente conocido sabor fresa.

A. dulce comercial a 25°C (♦), B. dulce comercial a 30°C (◆), C. dulce comercial a 38°C (◆), A'. dulce elaborado a 25°C (●), B'. dulce elaborado a 30°C (●), C'. dulce elaborado a 38°C (●).

En la Figura 15, se muestra la variación de la fracturabilidad con respecto al tiempo y almacenamiento del dulce formulado sabor chocolate con respecto a un dulce comercial conocido sabor avellana.

Se observa como la fracturabilidad del dulce formulado aumenta con respecto al dulce comercial, esto es en las tres temperaturas, en el caso del dulce formulado a 38°C fue el que tuvo un comportamiento distinto con una variación de fracturabilidad de 4.28 g durante las siete semanas mientras que el dulce formulado a temperaturas de almacenamiento de 25 y 30°C tuvieron un comportamiento similar al dulce comercial almacenado a sus distintas temperaturas.

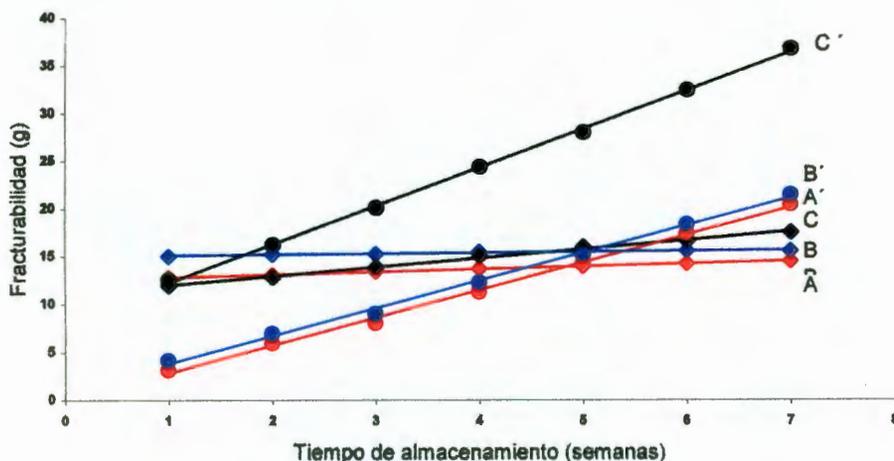


Figura 15. Respuesta de la fracturabilidad con respecto al tiempo del dulce formulado sabor chocolate con respecto a un dulce comercialmente conocido sabor avellana.

A. dulce comercial a 25°C (♦), B. dulce comercial a 30°C (♦), C. dulce comercial a 38°C (♦), A'. dulce elaborado a 25°C (●), B'. dulce elaborado a 30°C (●), C'. dulce elaborado a 38°C (●).

En la Figura 16, se muestra la variación de la fracturabilidad con respecto al tiempo y almacenamiento del dulce formulado sabor almendra con respecto a un dulce comercial sabor avellana.

Se observa que el comportamiento en general fue muy similar al dulce formulado sabor chocolate con respecto al dulce comercial sabor avellana. La fracturabilidad del dulce formulado aumenta con respecto al dulce comercial, esto es en las tres temperaturas, en el caso del dulce formulado a 38°C fue el que tuvo un comportamiento distinto con una variación de fracturabilidad de 24.7 g durante las siete semanas mientras que los dulces formulados expuestos a temperaturas de almacenamiento de 25 y 30°C tuvieron un comportamiento similar al dulce comercial almacenado a sus distintas temperaturas.

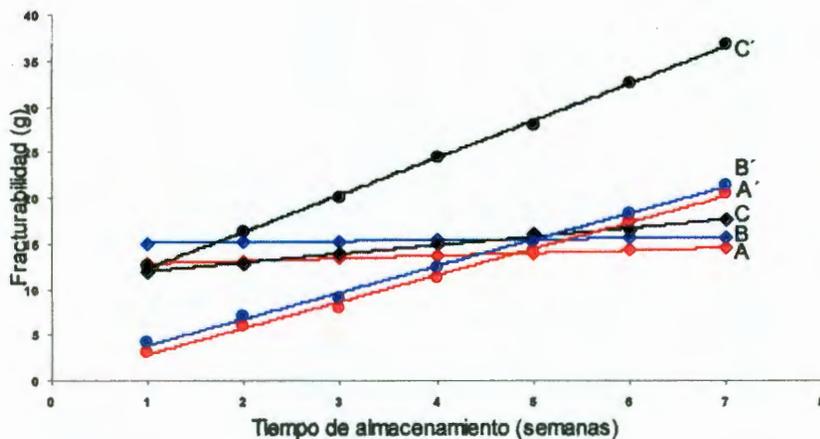


Figura 16. Respuesta de la fracturabilidad con respecto al tiempo del dulce formulado sabor almendra con respecto a un dulce comercialmente conocido sabor avellana.

A. dulce comercial a 25°C (♦), B. dulce comercial a 30°C (◆), C. dulce comercial a 38°C (♠), A'. dulce elaborado a 25°C (●), B'. dulce elaborado a 30°C (●), C'. dulce elaborado a 38°C (●).

En la Figura 17, se muestra la variación de la adhesividad con respecto al tiempo y almacenamiento del dulce formulado sabor fresa con respecto a un dulce comercial sabor fresa.

Se observa cómo la adhesividad del dulce formulado disminuye con respecto al dulce comercial sabor fresa, esto es en las tres temperaturas, en el caso del dulce formulado a 38°C fue el que tuvo un comportamiento distinto con una variación de adhesividad de -14 durante las siete semanas mientras que el dulce formulado sometido a temperaturas de almacenamiento de 25 y 30°C se comportaron muy similar.

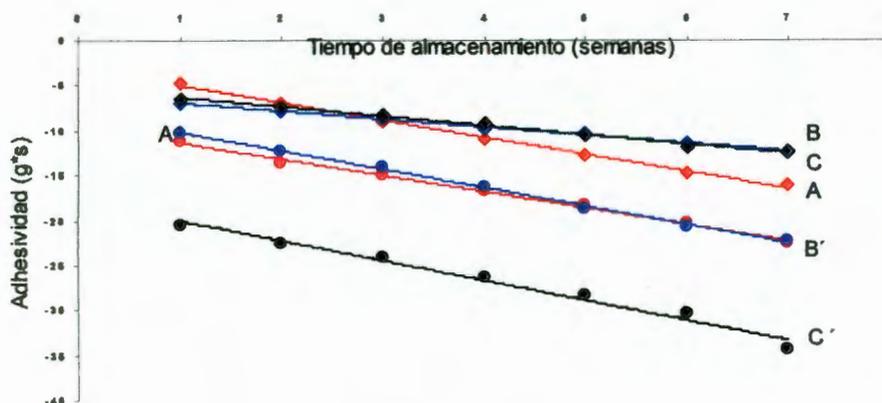


Figura 17. Respuesta de la adhesividad con respecto al tiempo del dulce formulado sabor fresa con respecto a un dulce comercialmente conocido sabor fresa.

A. dulce comercial a 25°C (♦), B. dulce comercial a 30°C (◆), C. dulce comercial a 38°C (◇), A'. dulce elaborado a 25°C (●), B'. dulce elaborado a 30°C (●), C'. dulce elaborado a 38°C (●).

En la Figura 18, se muestra la variación de la adhesividad con respecto al tiempo y almacenamiento del dulce formulado sabor chocolate con respecto a un dulce comercial sabor avellana.

Se observa como la adhesividad del dulce formulado disminuye con respecto al dulce comercial, esto es a las tres temperaturas de almacenamiento. En el caso del dulce formulado almacenado a temperaturas de 25 y 38°C, tuvieron un comportamiento distinto con una variación de fracturabilidad de 18.48 y 44.99 respectivamente al término de las siete semanas.

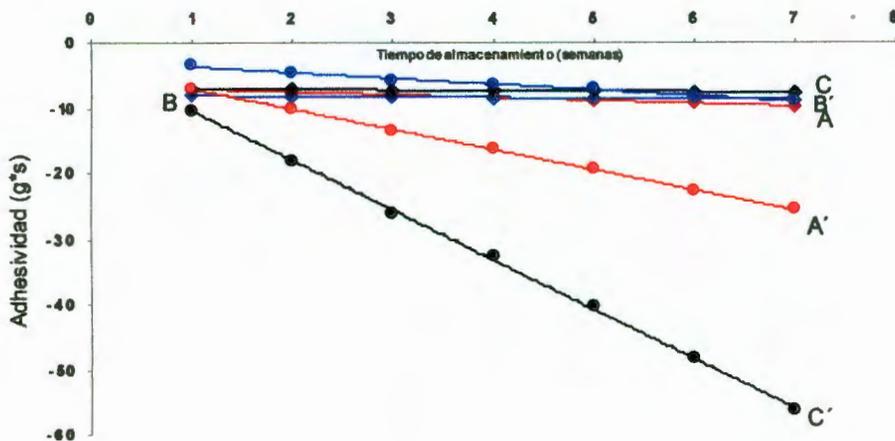


Figura 18. Respuesta en el incremento de la adhesividad con respecto al tiempo del dulce sabor chocolate con respecto a un dulce comercialmente conocido sabor avellana.

A. dulce comercial a 25°C (♦), B. dulce comercial a 30°C (◆), C. dulce comercial a 38°C (◆), A'. dulce elaborado a 25°C (●), B'. dulce elaborado a 30°C (●), C'. dulce elaborado a 38°C (●).

En la Figura 19, se muestra la variación de la adhesividad con respecto al tiempo y almacenamiento del dulce formulado sabor almendra con respecto a un dulce comercial sabor avellana.

Se observa como la adhesividad fue muy variada del dulce formulado a las tres temperaturas de almacenamiento con respecto al dulce comercial. En este caso el dulce comercial a 25°C con respecto al dulce formulado a temperaturas de 30 y 38°C tuvieron un comportamiento muy similar con una variación de adhesividad de -2.6, -2.1 y -2.0 respectivamente mientras que en los que tuvieron otro comportamiento similar fue el dulce comercial a 30°C y el dulce formulado a 25°C ya que en la última semana tuvieron una adhesividad casi igual de -24.5 y -24.7 respectivamente y el que tuvo una mayor variación en adhesividad fue -29 en el dulce comercial a 38°C.

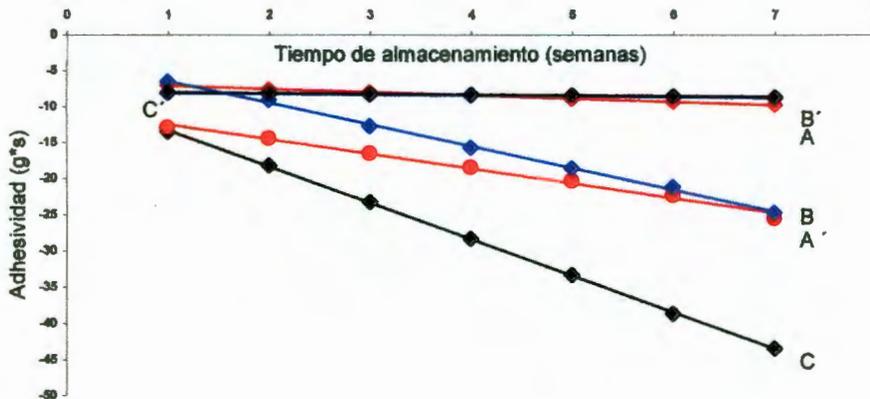


Figura 19. Respuesta en el incremento de la adhesividad con respecto al tiempo del dulce sabor almendra con respecto a un dulce comercialmente conocido sabor avellana.

A. dulce comercial a 25°C (♦), B. dulce comercial a 30°C (♦), C. dulce comercial a 38°C (♦), A'. dulce elaborado a 25°C (●), B'. dulce elaborado a 30°C (●), C'. dulce elaborado a 38°C (●).

En la Figura 20, se muestra la variación de la resortividad con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor fresa con respecto a un dulce comercial sabor fresa.

Se observa cómo el dulce formulado y el comercial se comportaron de manera muy similar, a 25°C disminuyendo su resortividad con una variación de 0.323 y 0.388 respectivamente también se observa que el dulce formulado almacenado a 30 y 38°C mostró un pequeño incremento de 0.10 y 0.05 en su resortividad a las respectivas temperaturas, durante el tiempo de almacenamiento.

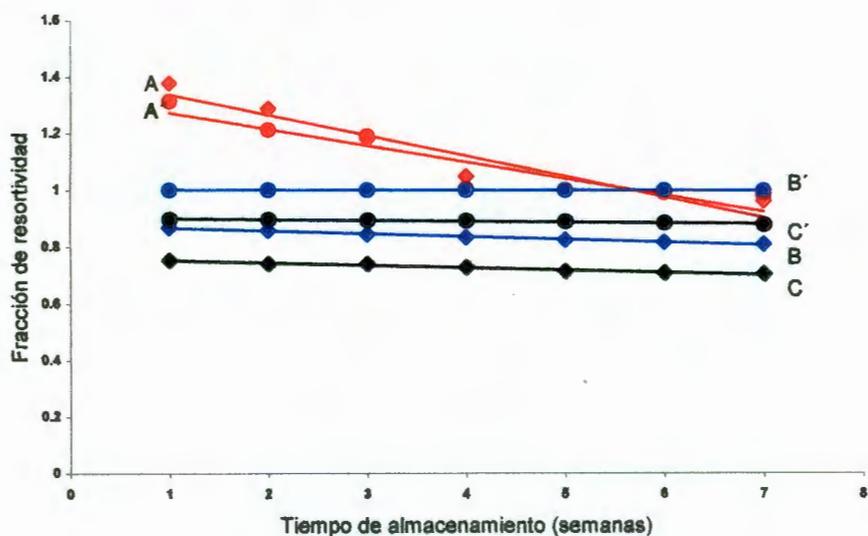


Figura 20. Respuesta de la resortividad con respecto al tiempo del dulce formulado sabor fresa con respecto a un dulce comercialmente conocido sabor fresa.

A. dulce comercial a 25°C (♦), B. dulce comercial a 30°C (◆), C. dulce comercial a 38°C (◆), A'. dulce elaborado a 25°C (●), B'. dulce elaborado a 30°C (●), C'. dulce elaborado a 38°C (●).

En la Figura 21, se muestra la variación de la resortividad con respecto al tiempo de almacenamiento del dulce formulado sabor chocolate con respecto a un dulce comercial sabor avellana.

Se observa cómo el dulce formulado se comporta similarmente con respecto al dulce comercial a las tres temperaturas evaluadas. A 30°C se observó una variación de 0.56 y 0.53 respectivamente durante su almacenamiento; donde hubo una mayor diferencia fue en el dulce formulado con respecto al dulce comercial a 25°C con una variación de la resortividad de 0.31 y 0.096 respectivamente.

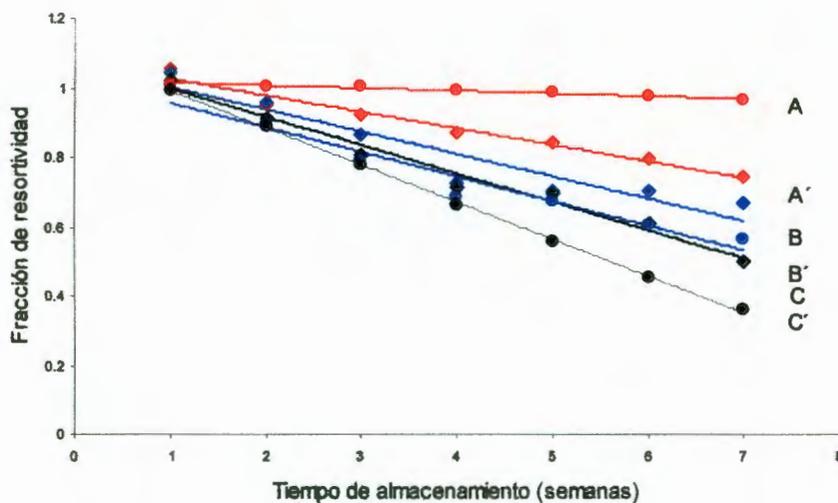


Figura 21. Respuesta de la resortividad con respecto al tiempo del dulce formulado sabor chocolate con respecto a un dulce comercialmente conocido sabor avellana.

A. dulce comercial a 25°C (♦), B. dulce comercial a 30°C (♦), C. dulce comercial a 38°C (♦), A'. dulce elaborado a 25°C (●), B'. dulce elaborado a 30°C (●), C'. dulce elaborado a 38°C (●).

En la Figura 22, se muestra la variación de la resortividad con respecto al tiempo y almacenamiento del dulce formulado sabor almendra con respecto a un dulce comercial sabor avellana.

Se observa cómo el dulce formulado se comporta similarmente con respecto al dulce comercial a las tres temperaturas evaluadas. A 30°C se observó una variación de 0.50 y 0.47 respectivamente durante su almacenamiento; donde hubo una mayor diferencia fue en el dulce formulado con respecto al dulce comercial a 25°C con una variación de la resortividad de 0.31 y 0.096 respectivamente.

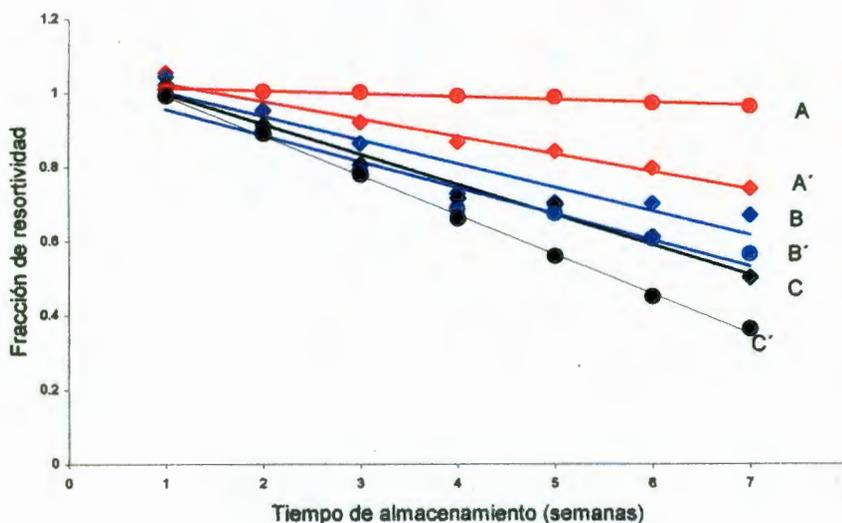


Figura 22. Respuesta de la resortividad con respecto al tiempo del dulce formulado sabor almendra con respecto a un dulce comercialmente conocido sabor avellana.

A. dulce comercial a 25°C (♦), B. dulce comercial a 30°C (♦), C. dulce comercial a 38°C (♦), A'. dulce elaborado a 25°C (●), B'. dulce elaborado a 30°C (●), C'. dulce elaborado a 38°C (●).

En la Figura 23, se muestra la variación de la cohesividad con respecto al tiempo y almacenamiento del dulce formulado sabor fresa con respecto a un dulce comercial sabor fresa

Se observa como en el dulce formulado y el dulce comercial no tienen el mismo comportamiento, pero en ambos casos va disminuyendo la cohesividad con el tiempo de almacenamiento. En donde el dulce comercial y el dulce formulado a 25°C tuvieron una variación de 0.451 y 0.16 en cohesividad respectivamente, durante su almacenamiento. El dulce formulado a 30°C mostró una variación en cohesividad de 0.44, que el dulce comercial tuvo una variación de 0.387 a la misma temperatura.

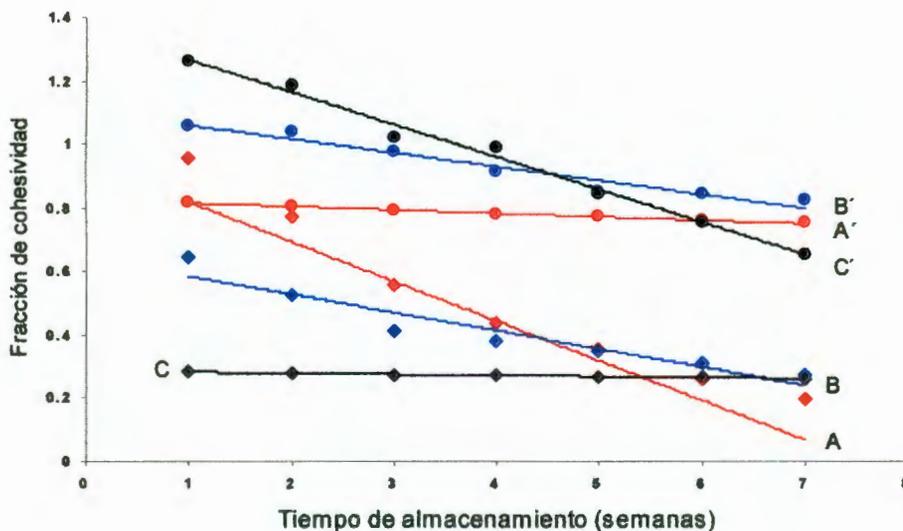


Figura 23. Respuesta de la cohesividad con respecto al tiempo del dulce sabor fresa con respecto a un dulce comercialmente conocido sabor fresa.

A. dulce comercial a 25°C (♦), B. dulce comercial a 30°C (◆), C. dulce comercial a 38°C (◆), A'. dulce elaborado a 25°C (●), B'. dulce elaborado a 30°C (●), C'. dulce elaborado a 38°C (●).

En la Figura 24, se muestra la variación de la cohesividad con respecto al tiempo y almacenamiento del dulce formulado sabor chocolate con respecto a un dulce comercial sabor avellana.

Se observa que el dulce comercial a las tres temperaturas de almacenamiento muestra un incremento de la cohesividad con el tiempo de almacenamiento mientras que el dulce formulado varía. El dulce formulado, a 25, 30 y 38°C tuvo una variación de 0.96, 0.19 y 0.35 en los valores de cohesividad respectivamente, después de siete semanas de almacenamiento.

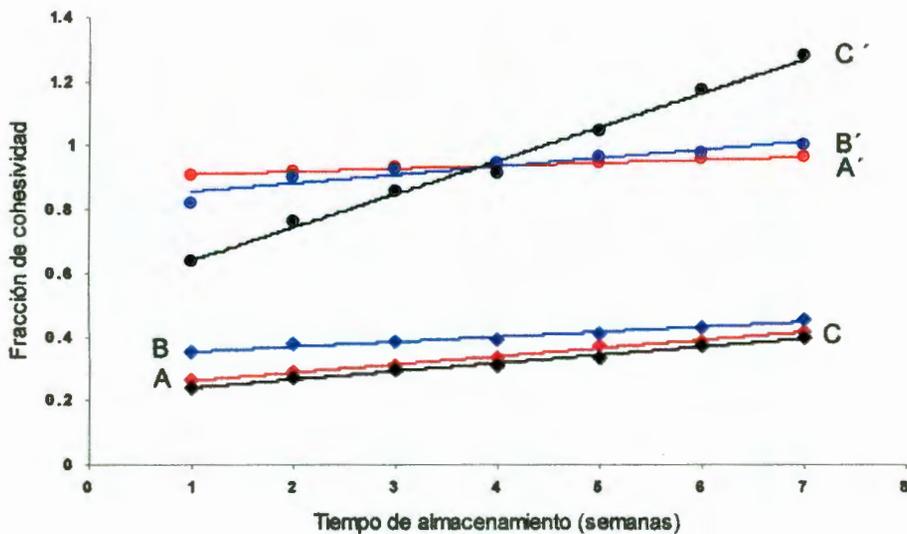


Figura 24. Respuesta de la cohesividad con respecto al tiempo del dulce sabor chocolate con respecto a un dulce comercialmente conocido sabor avellana.

A. dulce comercial a 25°C (♦), B. dulce comercial a 30°C (◆), C. dulce comercial a 38°C (◆), A'. dulce elaborado a 25°C (●), B'. dulce elaborado a 30°C (●), C'. dulce elaborado a 38°C (●).

En la Figura 25, se muestra la variación de la cohesividad con respecto al tiempo y almacenamiento del dulce formulado sabor almendra con respecto a un dulce comercial sabor avellana.

Se observa que tanto el dulce comercial como el dulce formulado tienen una tendencia a aumentar, pero no se comportaron de igual manera. El dulce formulado a 25, 30 y 38°C mostró una variación en cohesividad 0.29, 0.54 y 0.69 respectivamente, durante las siete semanas de su almacenamiento.

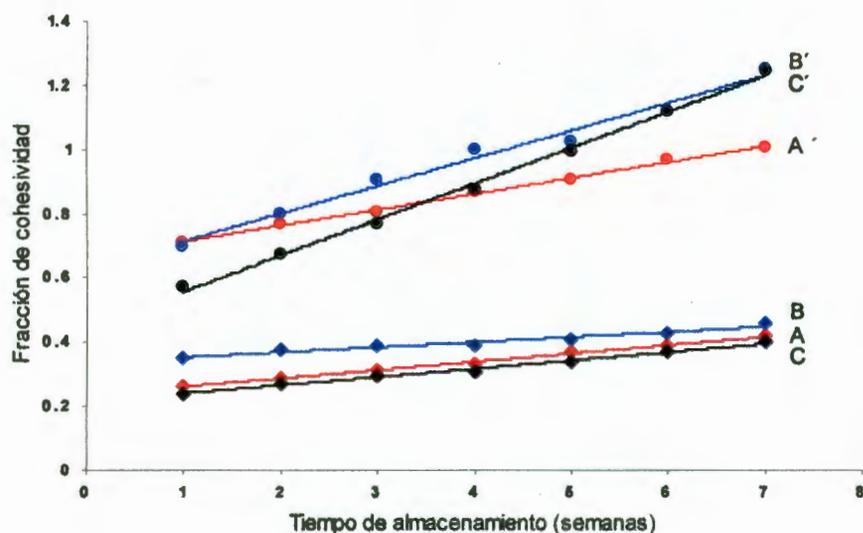


Figura 25. Respuesta de la cohesividad con respecto al tiempo del dulce sabor almendra con respecto a un dulce comercialmente conocido sabor avellana.

A. dulce comercial a 25°C (♦), B. dulce comercial a 30°C (◆), C. dulce comercial a 38°C (◆), A'. dulce elaborado a 25°C (●), B'. dulce elaborado a 30°C (●), C'. dulce elaborado a 38°C (●).

En el Cuadro 11, se muestra el índice de peróxido a 25°C de almacenamiento del dulce sabor fresa, almendra y chocolate.

De acuerdo al CODEX-STAN-210 (1999) el valor máximo aceptable para este tipo de alimentos, como el aceite parcialmente hidrogenado, es de 10 meq/kg en donde el dulce formulado sabor fresa, chocolate y almendra presentaron un índice de peróxido final de 5.7, 5.7 y 5.1 meq/kg respectivamente indicando que están dentro de esta norma.

Cuadro 11. Índice de peróxido a 25°C de almacenamiento en los dulces formulados sabor fresa, chocolate y almendra

Sabor	Tiempo (h)		
	48	1344	2016
Fresa	1.18	3.4	5.7
Chocolate	1.8	4.1	5.7
Almendra	1.7	3.9	5.1

El índice de peróxido se da en (meq/kg)

En el Cuadro 12, se muestra el índice de peróxido a 30°C de almacenamiento del dulce sabor fresa, almendra y chocolate.

De acuerdo al CODEX-STAN-210 (1999) el valor máximo aceptable para este tipo de alimentos, como el aceite parcialmente hidrogenado, es de 10 meq/kg en donde el dulce formulado sabor fresa, chocolate y almendra presentaron un índice de peróxido final de 6.4, 6.7 y 6.3 meq/kg respectivamente indicando que están dentro de esta norma.

Cuadro 12. Índice de peróxido a 30°C de almacenamiento en los dulces formulados sabor fresa, chocolate y almendra

Sabor	Tiempo (h)		
	48	1344	2016
Fresa	2.03	5.1	6.4
Chocolate	2.7	5.9	6.7
Almendra	2.1	4.9	6.3

El índice de peróxido se da en (meq/kg)

En el Cuadro 13, se muestra el índice de peróxido a 38°C de almacenamiento del dulce sabor fresa, almendra y chocolate.

De acuerdo al CODEX-STAN-210 (1999) el valor máximo aceptable para este tipo de alimentos, como el aceite parcialmente hidrogenado, es de 10 meq/kg en donde el dulce formulado sabor fresa, chocolate y almendra presentaron un índice de peróxido final de 9.1, 5.7 y 9.3 meq/kg respectivamente indicando que están dentro de esta norma.

Cuadro 13. Índice de peróxido a 38°C de almacenamiento en los dulces formulados sabor fresa, chocolate y almendra

Sabor	Tiempo (h)		
	48	1344	2016
Fresa	4.02	6.77	9.1
Chocolate	3.9	6.3	5.7
Almendra	4.2	7.0	9.3

El índice de peróxido se da en (meq/kg)

En la Figura 26, se muestra la representación del logaritmo de la vida útil frente al recíproco de la temperatura absoluta en el dulce sabor fresa.

Para obtener esta gráfica primero se graficaron los tres valores del índice de peróxido a 298 K con respecto al tiempo (48h, 1344h y 2016h) (Anexo 4); después se llevó a cabo una interpolación en donde se obtuvieron los tres valores de la vida útil (θ_s) que fueron 4100 h, 3586 h y 2474 h (Anexo 4). Estos valores se graficaron con respecto al recíproco de las temperaturas de almacenamiento, como se muestra en la Figura 26 obteniéndose de la pendiente la energía de activación (E_a), que fue de 3164 cal/mol.

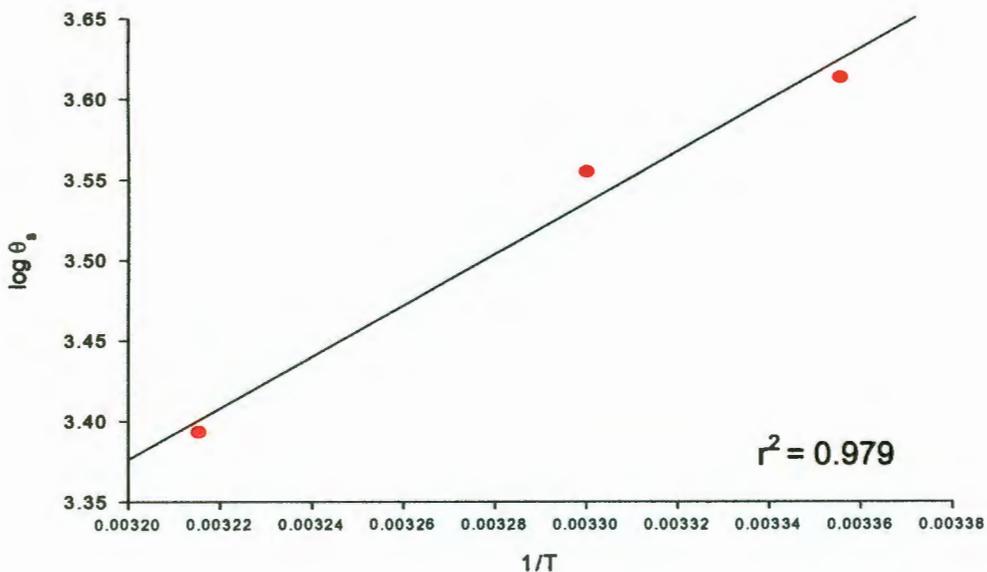


Figura 26. Representación gráfica del logaritmo de la vida útil frente al recíproco de la temperatura absoluta en el dulce sabor fresa

En la Figura 27, se muestra la representación del logaritmo de la vida útil frente al recíproco de la temperatura absoluta en el dulce sabor chocolate.

Para obtener esta gráfica primero se graficaron los tres valores del índice de peróxido a 303 K con respecto al tiempo (48h, 1344h y 2016h) (Anexo 5); después se llevó a cabo una interpolación en donde se obtuvieron los tres valores de la vida útil (θ_0) que fueron 4275 h, 3479 h y 2542 h (Anexo 5). Estos valores se graficaron con respecto al recíproco de las temperaturas de almacenamiento, como se muestra en la Figura 27 obteniéndose de la pendiente la energía de activación (E_a), que fue de 3196 cal/mol.

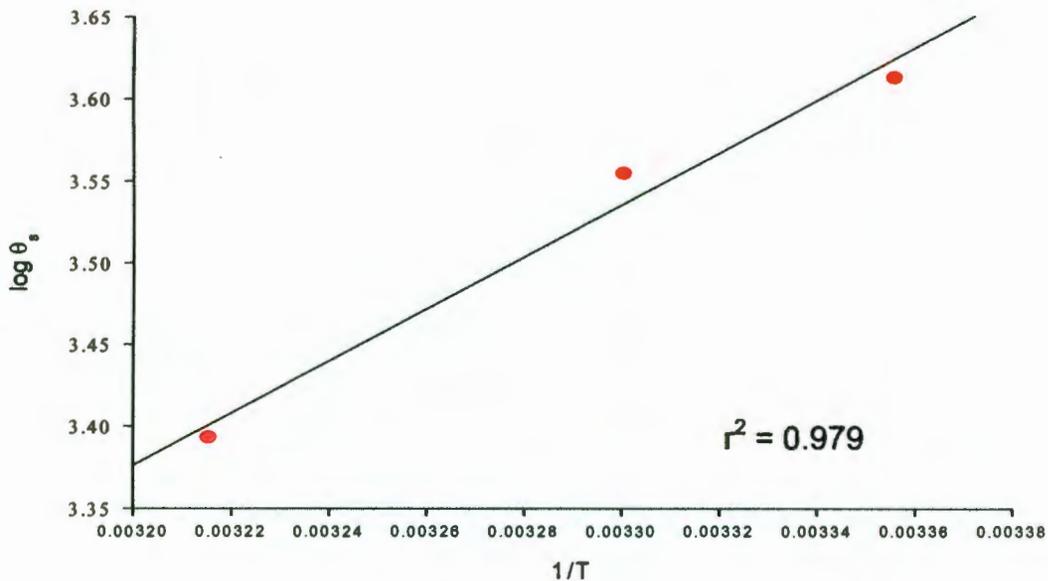


Figura 27. Representación gráfica del logaritmo de la vida útil frente al recíproco de la temperatura absoluta en el dulce sabor chocolate.

En la Figura 28, se muestra la representación del logaritmo de la vida útil frente al recíproco de la temperatura absoluta en el dulce sabor almendra.

Para obtener esta gráfica primero se graficaron los tres valores del índice de peróxido a 311 K con respecto al tiempo (48h, 1344h y 2016h) (Anexo 6); después se llevó a cabo una interpolación en donde se obtuvieron los tres valores de la vida útil (θ_s) que fueron 4869 h, 3740 h y 2386 h (Anexo 6). Estos valores se graficaron con respecto al recíproco de las temperaturas de almacenamiento, como se muestra en la Figura 27 obteniéndose de la pendiente la energía de activación (E_a) que fue de 4403 cal/mol.

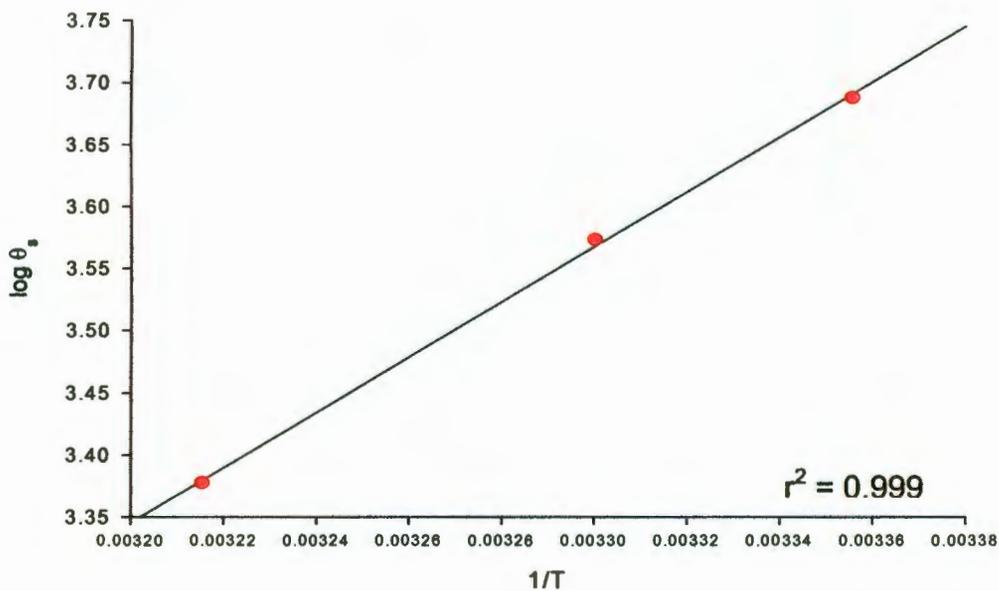


Figura 28. Representación gráfica del logaritmo de la vida útil frente al recíproco de la temperatura absoluta en el dulce sabor almendra

En la Figura 29, se muestra la cuantificación de hongos y levaduras en el dulce formulado sabor fresa a 25, 30 y 38°C.

Se observa que no hay crecimiento hasta la octava semana a las temperaturas de 30 y 38°C con un crecimiento de 30 y 20 UFC/g mientras que a 25°C se obtuvo de 10 UFC/g así como en la última semana de monitoreo se obtuvieron a 25 y 30°C 90 UFC/g. Como lo indica la NOM-185-SSA1-2002 en coliformes totales tuvo ausencia en 1g de dulce.

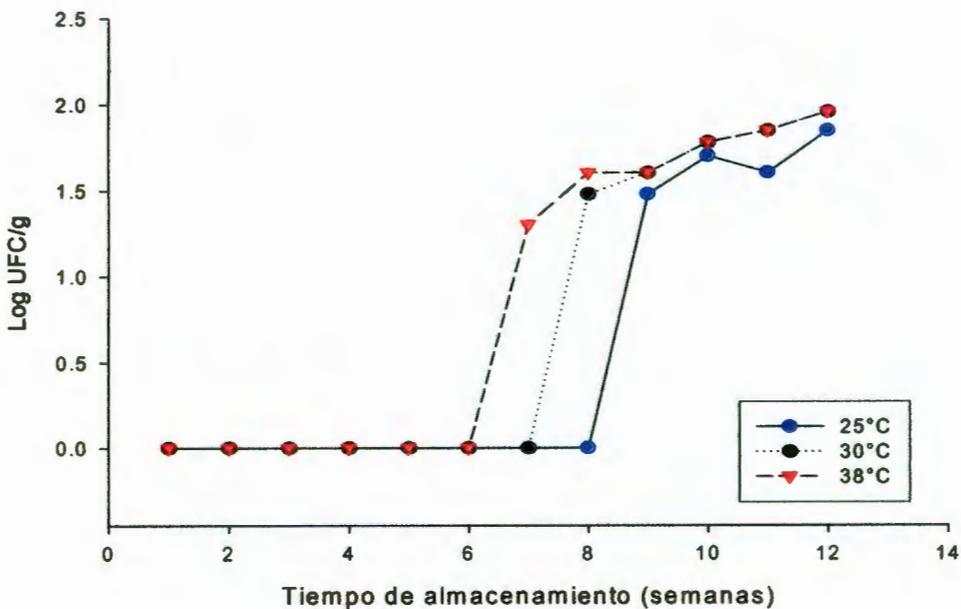


Figura 29. Cuantificación de hongos y levaduras en el dulce formulado sabor fresa a 25, 30 y 38°C en función del tiempo de almacenamiento.

En la Figura 30, se muestra la cuantificación de hongos y levaduras en el dulce formulado sabor chocolate a 25, 30 y 38°C.

Se observa que no hay crecimiento hasta la octava semana del dulce a temperatura de 30°C con un crecimiento de 20 UFC/g hasta la décima segunda semana de 50 UFC/g mientras que a temperatura de 25 y 38°C se tuvo un comportamiento igual, a la décima semana se observó un crecimiento de 20 UFC/g respectivamente. Como lo indica la NOM-185-SSA1-2002 en coliformes totales tuvo ausencia en 1g de dulce.

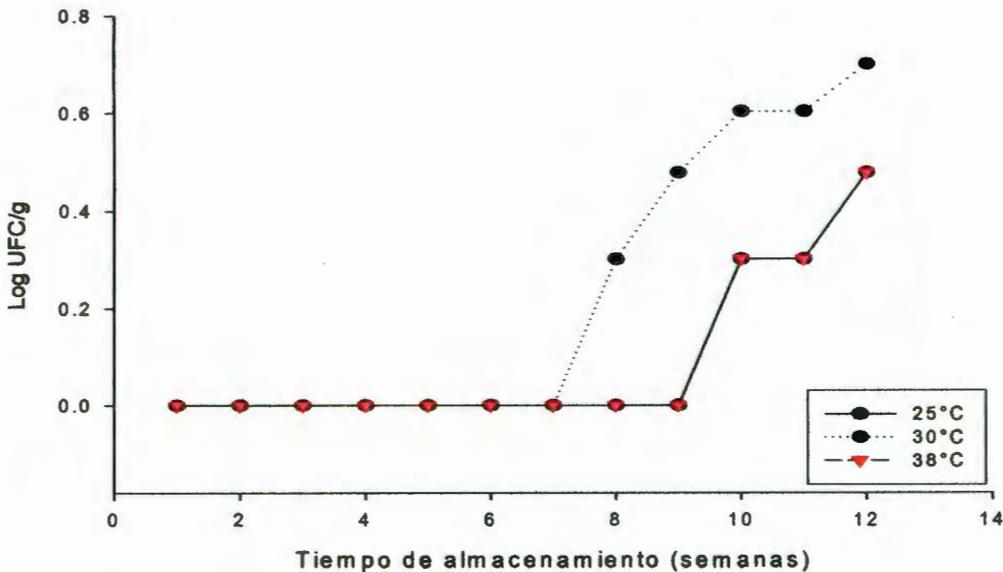


Figura 30. Cuantificación de hongos y levaduras en el dulce formulado sabor chocolate a 25, 30 y 38°C en función del tiempo de almacenamiento.

En la Figura 31, se muestra la cuantificación de microorganismos en cuenta total estándar en el dulce formulado sabor fresa a 25, 30 y 38°C.

Se observa que hay mayor crecimiento en el dulce a temperatura de 25°C con un crecimiento de 4300 UFC/g mientras que 30°C el crecimiento fue menor dándose a la sexta semana de almacenamiento su mayor crecimiento que fue de 1200 UFC/g.

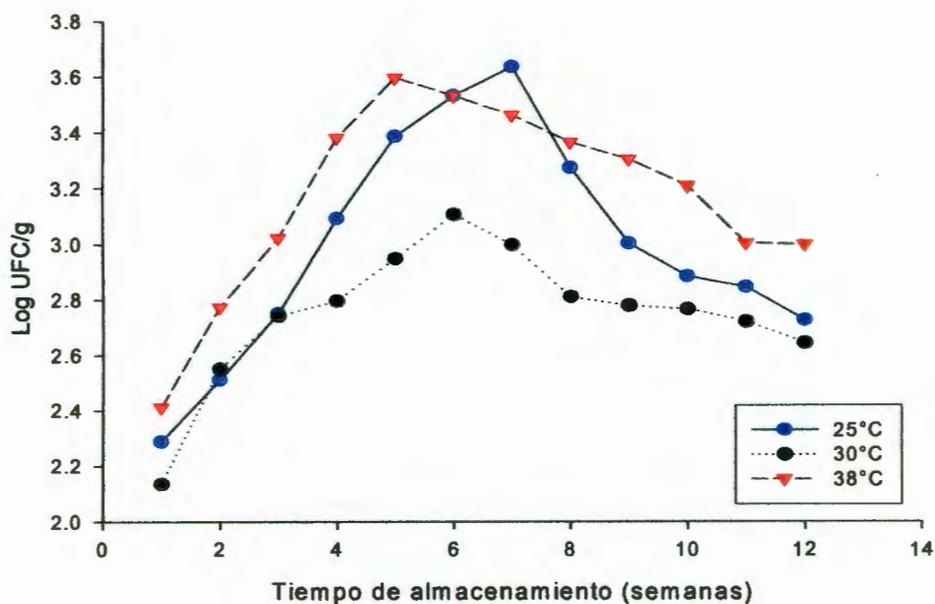


Figura 31. Cuantificación de microorganismos en cuenta total estándar en el dulce formulado sabor fresa a 25, 30 y 38°C en función del tiempo de almacenamiento.

En la Figura 32, se muestra la cuantificación de microorganismos en cuenta total estándar en el dulce formulado sabor chocolate a 25, 30 y 38°C.

Se observa que hay crecimiento elevado en el dulce a 38°C en donde su mayor crecimiento fue en la quinta semana con 1000 UFC/g teniendo después una disminución drástica del crecimiento microbiano hasta llegar a la última semana a crecer 100 UFC mientras que en las temperaturas de 25 y 30°C tuvieron un comportamiento muy similar ya que en la última semana tuvieron un crecimiento de 600 y 500 UFC/g.

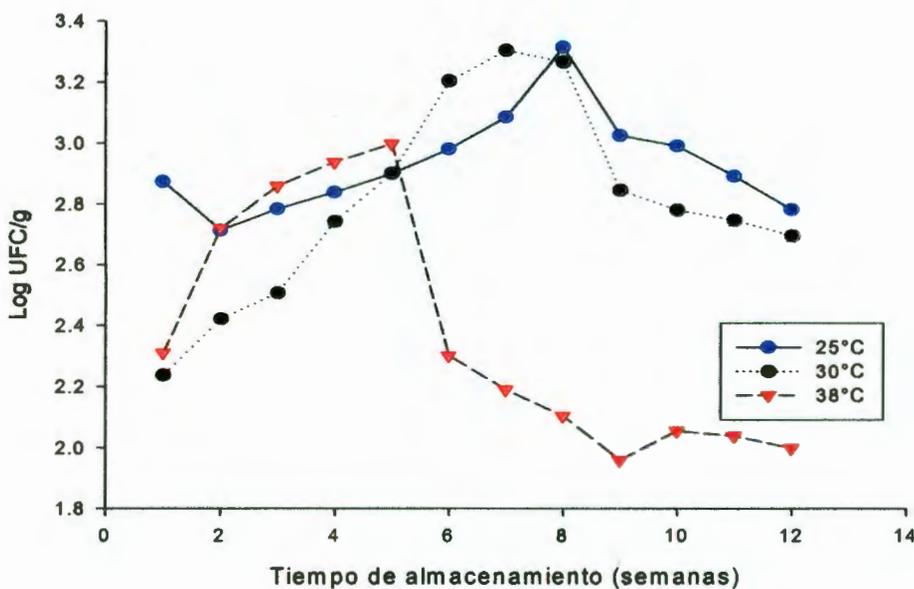


Figura 32. Cuantificación de microorganismos en cuenta total estándar en el dulce formulado sabor chocolate a 25, 30 y 38°C en función del tiempo de almacenamiento.

En la Figura 33, se observa la comparación de la calificación de las muestras del dulce formulado sabor fresa y el dulce comercial sabor fresa.

Se observa la comparación del dulce formulado con respecto al dulce comercial donde no hubo diferencia mínima significativa entre ellos, de 1.97, mientras que la diferencia entre los promedios de las muestras es de -0.034 indicando que las muestras son significativamente similares, con un análisis de varianza de P (probabilidad de error) < 0.05.

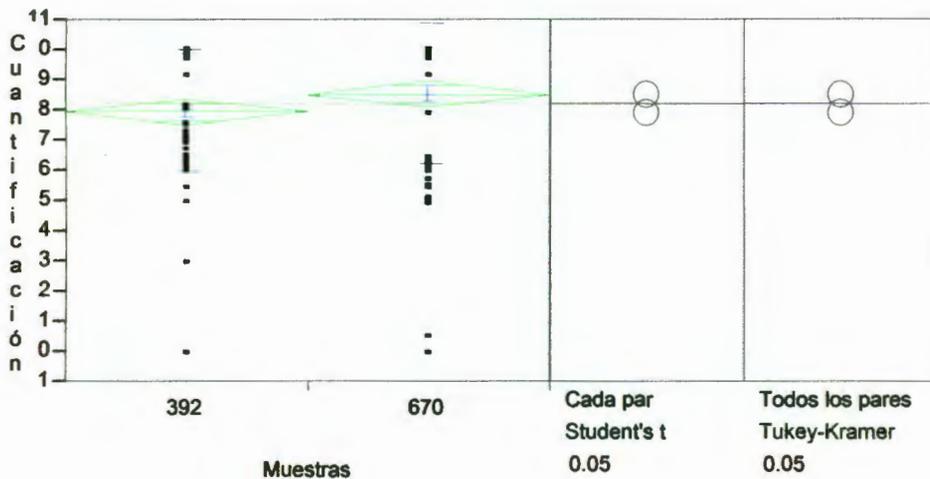


Figura 33. Comparación de la calificación de las muestras de dulce formulado sabor fresa (392) y el dulce comercial sabor fresa (670).

VII DISCUSIÓN

En este trabajo no se buscó obtener mayores rendimientos durante la concentración del suero, sino contribuir a disminuir la contaminación generada por el suero lácteo que se desecha después de la elaboración del queso.

Se obtuvo una menor concentración de proteína en el WPC con respecto al WPC comercial; esto pudo deberse que durante el proceso de UF y DF del suero lácteo, las membranas pudieron sobresaturarse de los sólidos con pesos moleculares mayores a la misma, y por lo tanto disminuir el flujo de las moléculas de menor tamaño que pasaban a través de ellas, ocasionando entonces una disminución en la concentración de la proteína y un incremento de la lactosa.

Además, se usó una membrana con tamaño de poro lo suficientemente grande para permitir un rápido flujo de filtrado, pudiendo entonces salir una pequeña cantidad de proteína al filtrado, evitando su mayor concentración en el retenido.

Al tener la formulación del dulce los ingredientes fueron de gran importancia debido a que cada uno aportó para el resultado final en cuanto al aspecto y textura del dulce a los tres diferentes sabores. El azúcar glass resultó ser un buen portador de sólidos dando consistencia y un sabor dulce agradable en el paladar, la azúcar refinada daba una consistencia arenosa y se alcanzaban a observar sus cristales. Otro ingrediente importante fue la grasa parcialmente hidrogenada que se emulsificaba rápidamente, siendo barata comercialmente y de fácil alcance; por otro lado el aceite vegetal se incorporaba fácilmente a los otros ingredientes, pero daba una apariencia más grasosa y se alcanzaba a percibir un resabio aceitoso al final de las pruebas. El HFCS-55 fue un ingrediente muy útil debido a su dulzor y a la capacidad que tiene para combinarse fácilmente con otros ingredientes; la lecitina de soya actuó como emulsificante de las grasas, debido a que es un lípido zwitterionico parcialmente soluble en agua, razón por la que es muy utilizada en la fabricación de todo tipo de alimentos para consumo diario. El ingrediente más importante fue el WPC-63.5 ya que le dio valor nutrimental al dulce formulado,

proporcionando un sabor agradable, no salado, debido a la poca cantidad de minerales presentes ya que la mayoría de éstos se pierden durante la UF y la DF.

Las diferentes formulaciones se basaron en costos de los ingredientes eligiéndose los que tuvieran menor costo y que fueran del agrado del panelista.

El dulce formulado no se comparó con un dulce comercial a base de leche ya que su proteína básicamente tiene una alta concentración de caseína (Ohr, 2004), mientras que las proteínas del suero tienen una mayor concentración de β -lactoglobulina y α -lactoalbúmina (Delaney, 1976) por lo cual no se hizo comparación con respecto a un dulce de leche en concentración similar de proteína.

La formulación del dulce aportó proteína y calcio para una población de niños de 10 a 12 años, esto es debido al WPC-63.5 utilizado como ingrediente proporcionándole así un valor nutrimental al dulce.

De acuerdo a lo reportado por (Vázquez, 1999) declara que en la etiqueta del producto comercial solamente aporta energía en forma de carbohidratos y lípidos así como el contenido de proteína es muy bajo el cual lo reportado fue del 1.9% de una porción de 50 g mientras que el dulce formulado en este trabajo muestra un contenido de proteína mayor por lo cual su valor nutrimental es mayor comparado con el dulce comercial.

Al perder humedad el dulce, los ácidos se van concentrando en fase acuosa, ocasionando que la acidez vaya en aumentando, por lo que la misma cantidad de H^+ producen un valor más bajo de pH. En todos los casos el pH bajó hasta valores muy cercanos al punto isoeléctrico (pI) de las proteínas del suero de leche 4.2-5.2 (Rito, 1999), teniendo como problema la precipitación de las proteínas y como consecuencia la pérdida de homogeneidad en el dulce. En este caso el dulce formulado que sufrió una mayor disminución del pH fue el sabor fresa, por lo tanto, para eliminar este problema se puede utilizar bicarbonato a pequeñas concentraciones donde éste actúa como un neutralizador, ya que la literatura es la

que más se ha utilizado para este fin (Zunino, 2004).

El dulce sabor fresa, a mayor temperatura tuvo una mayor disminución de la A_w , lo cual se pudo deber a que los sitios de acumulación de agua disponibles se pudieron perder y así se disminuyó el volumen ocupado por las moléculas de agua en el dulce. El efecto de los cambios en la A_w , en conjunto con la disponibilidad de oxígeno, acidez y otros solutos presentes, en el dulce estos pudieron ejercer influencia sobre la velocidad de aparición de cambios indeseables del mismo dulce.

Un parámetro muy importante fue el de la textura, ya que se observó una variación en la dureza, fracturabilidad, adhesividad, resortividad y cohesividad; viéndose afectadas estas características por la influencia que generó la temperatura y condiciones de almacenamiento.

La dureza y la fracturabilidad aumentaron considerablemente en el dulce elaborado necesitando una mayor fuerza para romperse; la adhesividad aumentó considerablemente en los tres sabores del dulce elaborado a 38°C de almacenamiento por lo cual se necesitó una mayor fuerza negativa para despejar el bocado de la mandíbula; la resortividad tuvo un comportamiento similar tanto para el dulce comercial como el elaborado pudiendo incrementar la capacidad para volver a su estado original. Todo esto pudo deberse por el tipo de empaque el cual pudo ser el adecuado debido que su capacidad de llenado era mayor a la cantidad de dulce que se preparó para cada muestra, ocasionando la pérdida de humedad y por consecuencia la formación de una costra en la parte superior del dulce, afectando los parámetros de la textura ya mencionados anteriormente.

Los resultados obtenidos de la E_a fueron altos, esto nos quiere decir que el dulce es muy dependiente de la temperatura de almacenamiento incrementando el índice de peróxido y como consecuencia llevarse a cabo la rancidez oxidativa generando malos olores y sabores desagradables. En donde el índice de peróxido comparado con el CODEX-STAN 210 (1999), estuvo por debajo de del rango permitido, por lo

cual podemos decir que el dulce es estable a las tres temperaturas de almacenamiento durante tres meses esto pudo deberse a que la grasa presente en el dulce tenía algún conservador presente, además su proporción de la grasa con respecto a los otros ingredientes no fue mayor.

Otro de los factores se debieron tener bien presentes para la vida de anaquel del dulce fue la actividad microbiológica donde no hubo presencia de coliformes totales, esto asegura que se tuvo una manipulación adecuada en la preparación del dulce formulado sabor fresa, chocolate y almendra. En la cuenta total estándar pueden estar presentes microorganismos patógenos y no patógenos, uno de los microorganismos patógenos como la *Salmonella* siendo difícil que creciera en el dulce ya que su A_w óptima es de 0.95 a un pH de 7 a una temperatura óptima de 35°C así como *Staphylococcus aureus* su A_w es de 0.86 con un pH de 7 y temperatura óptima de 37°C por lo cual no tienen las condiciones necesarias en el dulce para crecer. Además se muestra que hubo presencia de hongos y levaduras a la semana séptima y octava en donde pudieron haber crecido levaduras osmófilas y hongos xerófilos donde estos pudieron haberse desarrollado a bajas A_w acondicionada con la presencia de azúcares. El crecimiento y decremento pudo deberse a la A_w , el pH y las temperaturas de almacenamiento ya que estas son dependientes respectivamente. También se debe tener muy presente que los microorganismos, hongos y levaduras pudieron generar cambios de color, mal olor al producto por eso es muy importante tomarse en cuenta estos parámetros de calidad ya que pueden afectar en el producto.

Para saber si el dulce formulado sabor fresa y chocolate fueron del agrado de la población de niños elegida se llevaron a cabo pruebas, donde se pudo observar que el dulce formulado sabor fresa fue del agrado de los niños mientras que el dulce sabor chocolate no fue del agrado de los niños, por lo cual es importante tener presente estos datos donde el dulce formulado sabor chocolate puede mejorarse para que entre en el gusto de los niños.

VIII. CONCLUSIONES

El suero lácteo se usó como una alternativa para la elaboración del WPC mediante métodos de ultrafiltración y diafiltración, para poder ser utilizado como ingrediente en la formulación del dulce.

Se obtuvo el concentrado de proteína del suero (WPC), conteniendo un 63.5% de proteína (WPC-63.5), 13.8% de lactosa, 4.7% de grasa, 4.3% de cenizas y 7.72% en humedad.

Se llevó a cabo la formulación del dulce en diferentes sabores (fresa, chocolate y almendra), utilizando como uno de los ingredientes al WPC-63.5 el cual incremento el valor nutrimental del dulce; por cada 30g de dulce se obtiene más del 5% de proteína de la ingesta diaria recomendada para una población de niños de 10 a 12 años de edad.

Algunos de los problemas que se tuvo en el dulce después de su elaboración fue la pérdida de humedad que tuvo ya que este formo una capa en la parte superior, dando una consistencia dura en la parte superior del dulce, esto se debió a que el dulce no estuvo en un empaque correcto y que la cantidad de dulce en el empaque era de 5g por cada muestra y esto pudo haber afectado en gran parte las pruebas de textura así como la influencia de temperatura en el almacenamiento.

Las propiedades de textura se vieron afectadas por un empaque inadecuado del producto formulado en la dureza, adhesividad, fracturabilidad y cohesividad.

El aumento en el pH ocasionado por la concentración de la acidez, al perderse humedad en el almacenamiento ocasionó un mayor agrado al dulce de fresa pero no el mismo agrado para el dulce sabor chocolate.

Con los resultados obtenidos en el análisis sensorial se pudo saber que el dulce formulado sabor fresa fue del agrado de los niños mientras que el dulce formulado sabor chocolate no fue del agrado de los niños por lo cual se debe llevar a cabo otra formulación del mismo sabor que pueda competir con otro dulce comercial.

IX. BIBLIOGRAFÍA

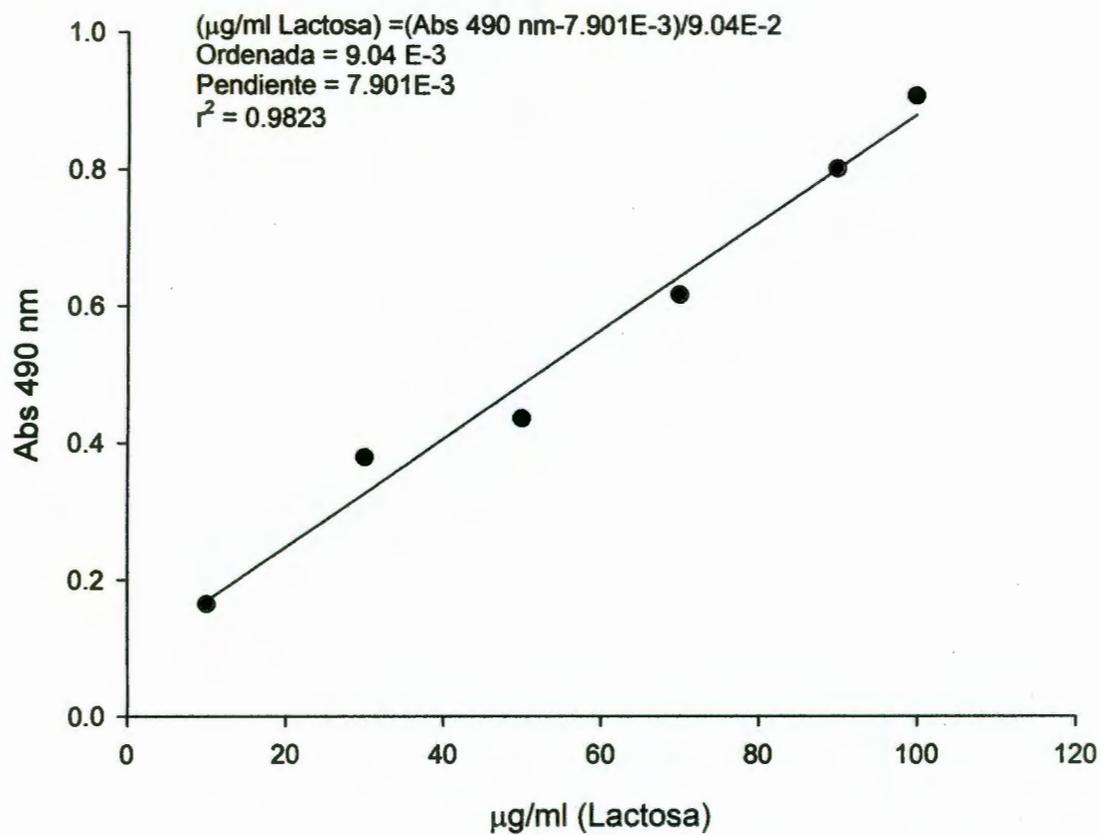
- Aguilera, J.M. 1995.** Gelation of Whey Proteins. Whey proteins undergo gelation through a series of steps involving denaturation, aggregation, strand formation, and network formation. *Food Technology*. Vol. 49: 83-89.
- Amaya, S.L. 2000.** Concentración y desmineralización del suero lácteo y evaluación del daño a la proteína como resultado del procesamiento. Querétaro, Universidad Autónoma de Querétaro. Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos:17.
- AOAC, 1997.** Official Methods of Analysis International: Vol. 2: 11-12, 16-18, 24 y 61.
- Badui, D.S. 1999.** Química de Alimentos. Alambra, México: 33, 34 y 319-320.
- Batchelder, T.B. 1986.** Electrodialysis Applications in Whey Processing. Ionics Technical Paper. Vol. 36: 1-10.
- Berg, A. 1975.** Estudios sobre Nutrición. Su Importancia en el Desarrollo Socioeconómico. Limusa, México: 21-24, 11-16.
- Bourne, M.C. 1978.** Texture Profile Analysis. *Food Technology*. Vol. 32:62-72.
- Bylund, G. 1995.** Dairy Processing Handbook. Tetra Pak Processing Systems AB. Lund, 130.
- Cantarow, A. y Schepartz, B. 1962.** Biochemistry. Third ed., Academia Press, New York: 50-53, 799.
- Casanueva, E. Kaufer-Horwitz, M., Pérez-Lizaur A.B. y Arroyo, P. 1995.** Nutriología Médica. Panamericana, México: 383, 357.
- Charles, A. 1988.** Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. 7a. ed., CECOSA, México: 137-149.
- Civille, G.V. y Szczesniak, A.L. 1973.** Guidelines to training a texture profile panel. *Journal of Texture Studies*. Vol. 4: 204-223.
- CODEX-STAN-210. 2003.** Para aceites vegetales específicos.
- Cryan, R. 2001.** Whey: Ready for Takeoff?. *U.S. Dairy*. Vol. 7:1-4.
- Damodaran, S. y Paraf A. 1997.** Food proteins and their applications. Marcel Dekker: 396-399.

- Delaney, A.M. 1976.** Composition, properties and uses of whey protein concentrates. *Journal of the Society of Dairy Technology*. Vol. 29: 91-101.
- De Wit, J.N. 1981.** Fuctional properties of whey proteins. *Milk Dairy*. Vol.35: 47-60.
- Dubois, M., Gilles, A., Hamilton, J. K., Rebers, P.A. y Smith, F. 1956.** Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Analytical Chemistry*. Vol. 28: 350-355.
- Egan, H. 1987.** Análisis Químico de los Alimentos de Pearson. Continental, México: 19-46.
- Fennema, O.R. 1993.** Química de los Alimentos. Acribia, México: 29-41, 670-671.
- Frazier, W.C. 1976.** Microbiología de los Alimentos. Acriba, Zaragoza: 20
- Frank, J.F. 1997.** Food Microbiology Fundamentals and Frontiers. APHA, Washington: 101.
- García, G.G., Quintero, R.R. y López-Munguía, A. 1993.** Biotecnología Alimentaria. Limusa, México: 206-207.
- Harper, W.J. 2000.** Biology Properties of Whey Componentes a Review. The American Dairy Producs Institute, Chicago: 1-33.
- Huffman, L.M. 1996.** Processing whey protein for use as a food ingredient. *Food Technology*. Vol. 50: 49-52.
- Kathleen, L.M. y Escote–Stum, S. 2001.** Nutrición y Dietoterapia de Krause. 5ta. ed., Mc Graw Hill, México: 63.
- Lara, K.M. 2003.** www.diasiete.com/nota.cfm?nro=644&pl=masinfo1.
- Lehninger, L.A. 1998.** Bioquímica. Las Bases Moleculares de la Estructura y Función Celular. 2da. Ed., Omega, S. A., Barcelona: 268 -269.
- Muñoz, C.M., Roldán, A.A., Ledesma, S.A., Martínez, M.E., Cordero, H.S., y Flores, C.A. 1996.** Tablas de Valor Nutritivo de los Alimentos de mayor consumo en Latinoamérica. PAX, México: 323-325
- New Zealand Milk Products. 1999.** Análisis proximal del WPC-70 (ALACEN-132). New Zealand Milk Products, S. A. de C. V. México, DF: 81.
- NMX-F-317-S-1978.** Determinación de pH en alimentos.
- NOM-092-SSA1-1994.** Métodos para la cuenta de bacterias aerobias en placa.

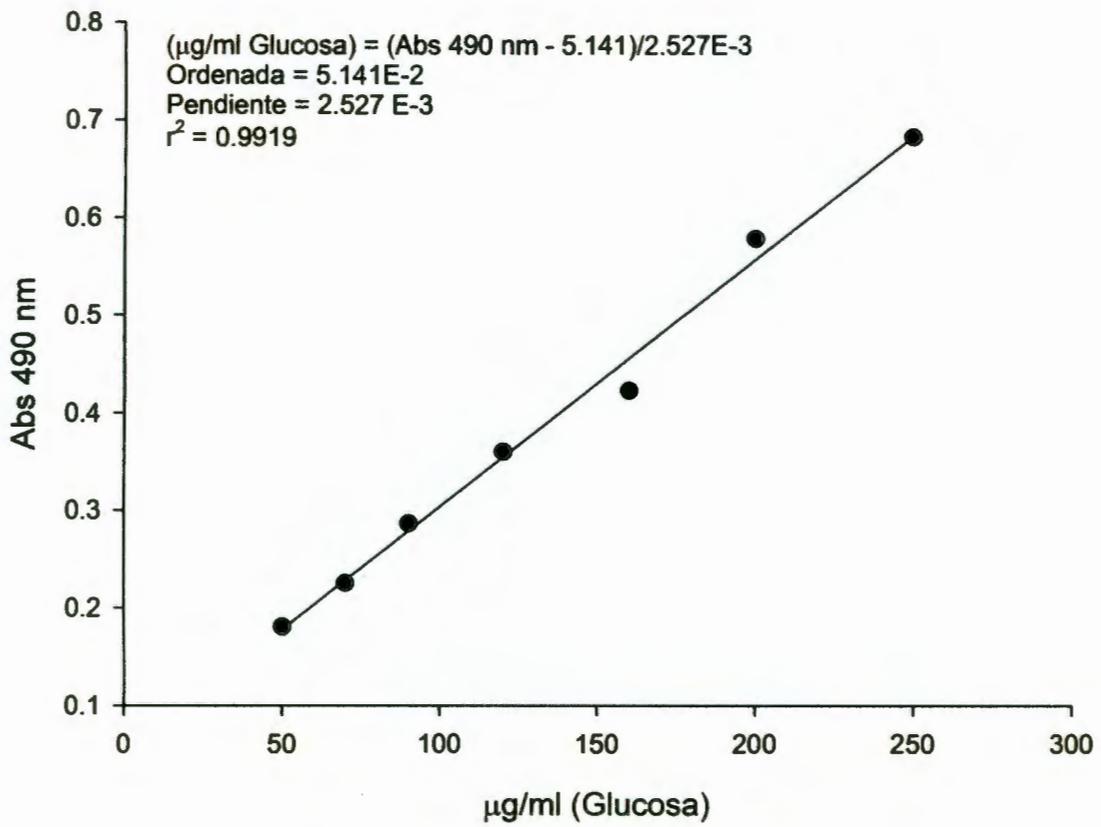
- NOM-110-SSA1-1994.** Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.
- NOM-111-SSA1-1994.** Métodos para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
- NOM-113-SSA1-1994.** Métodos para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.
- NOM-185-SSA1-2002.** Productos y servicios.
- Ohr, M.L. 2004.** Nutraceuticals provide floor show in Las Vegas. *Food Technology*. Vol. 58: 87-100, 65-69.
- Onwulata, C. y Tomasula, P. 2004.** Whey texturization: away forward. *Food Technology*. Vol. 58: 50-54.
- Orellana, R. 1990.** Dietas Normales y Terapéuticas. Limusa, México: 25-30.
- Pearson, H. E. 1987.** Análisis Químico de los Alimentos. Valdivia. México: 18-40.
- Pedrero, L.D. y Pangborn, R.S. 1989.** Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos. Alambra Mexicana, México: 78-82.
- Perkin Elmer. 1994.** Analytical Methods for Atomic Absorption.
- Psczola, D.E. 1994.** Blends reduce fat in bakery products. *Food Technology*. Vol. 48: 168-170.
- Potter, N.M. y Ph. D. 1973.** La Ciencia de los Alimentos. Conafrut. México: 183
- Portia, J., Romo M., Castillo, A.C y Castillo-Duran, C. 2004.** Las golosinas en la nutrición infantil. Sitio del Laboratorio de Nutrición. Vol. 132: 235-242.
- Remes, A. 1995.** Enriquecimiento de productos de confitería y otros alimentos con vitaminas y minerales. *Industrias Alimentarias*. Vol. 17: 36-40.
- Renner, E. 1983.** Milk and Dairy Products in Human Nutrition. Verlag, Munchen: 326.
- Reynolds, C.E., y Veith, P.D. 2004.** Production of a high gels strength whey protein concentrate from cheese whey. *Journal of Dairy Science*. Vol. 87: 831-840.
- Rito, M.P. 1999.** Aplicación de procesos de dos fases acuosas para la recuperación de proteínas del suero de leche. *Ciencia Hoy*. Vol. 12: 46.
- Robinson, H.C. y Weigley, E.M. 1986.** Nutrición básica y dietoterapia. La Prensa Medica Mexicana. México: 7-9 y 25.

- SAGARPA, 2004.** Producción Nacional de Leche, 1990-2004. Boletín de Leche: 9-26.
- Satyanarayan, N.A. 2002.** Activated lactoferrin: a new approach to meat safety. Food Technology. Vol. 56: 40-44.
- Scheider, L.W. 1985.** Nutrición. Conceptos Básicos y Aplicaciones. Mc Graw Hill, México: 96.
- Swaisgood, H. E. 1985.** Characteristics of milk. Food Chemistry, New York. Vol. 14: 845.
- Szczesniak, A.S. 1977.** An Overview of Recent Advances in Food Textura Research. Vol. 31: 71-77.
- Vázquez, L.P. 1999.** Desarrollo de un dulce con alto contenido proteico utilizando suero de leche. Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro Tesis para obtener el título de licenciatura en Químico en Alimentos. 45-51.
- Villamar, A., Pérez, F.H. y Olivera, C.E. 2004.** Situación actual de la producción de leche de bovino en México. Coordinación General de Ganadería: 19-35
- Walzen, R.L. 1999.** Propiedades funcionales de las proteínas de suero y fracciones del suero. Monografía de productos y bebidas nutrimentales. Vol. 34: 1-6.
- Xiong, L.Y. 1992.** Influence of pH and environment on thermal aggregation of whey proteins. Journal of Agriculture and Food Chemistry. Vol. 40: 380-384.
- Zadow, J.G. 1992.** Whey and Lactose Processing. Elsevier Applied Science, London: 135, 449, 450, 460.
- Zunino, A. 2004.** Dulce de Leche. Aspectos básicos para su adecuada elaboración. Departamento Fiscalización de Industrias Lácteas. Argentina: 8.

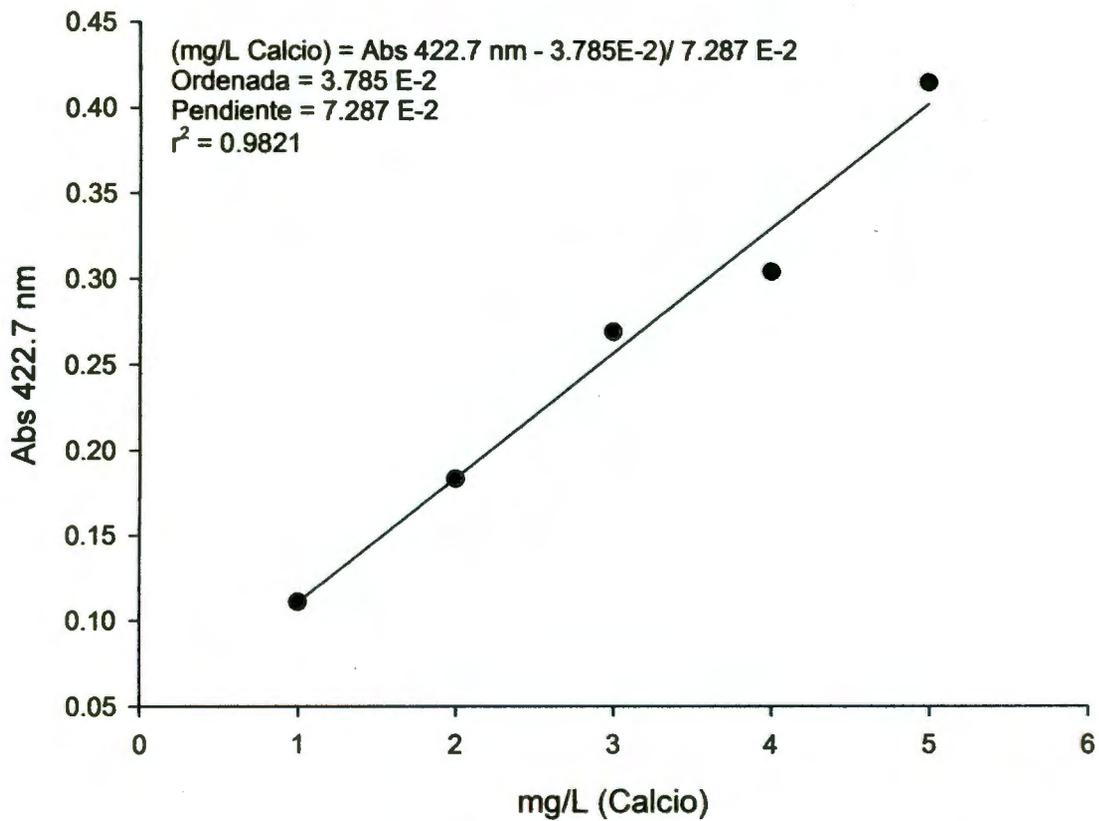
ANEXOS



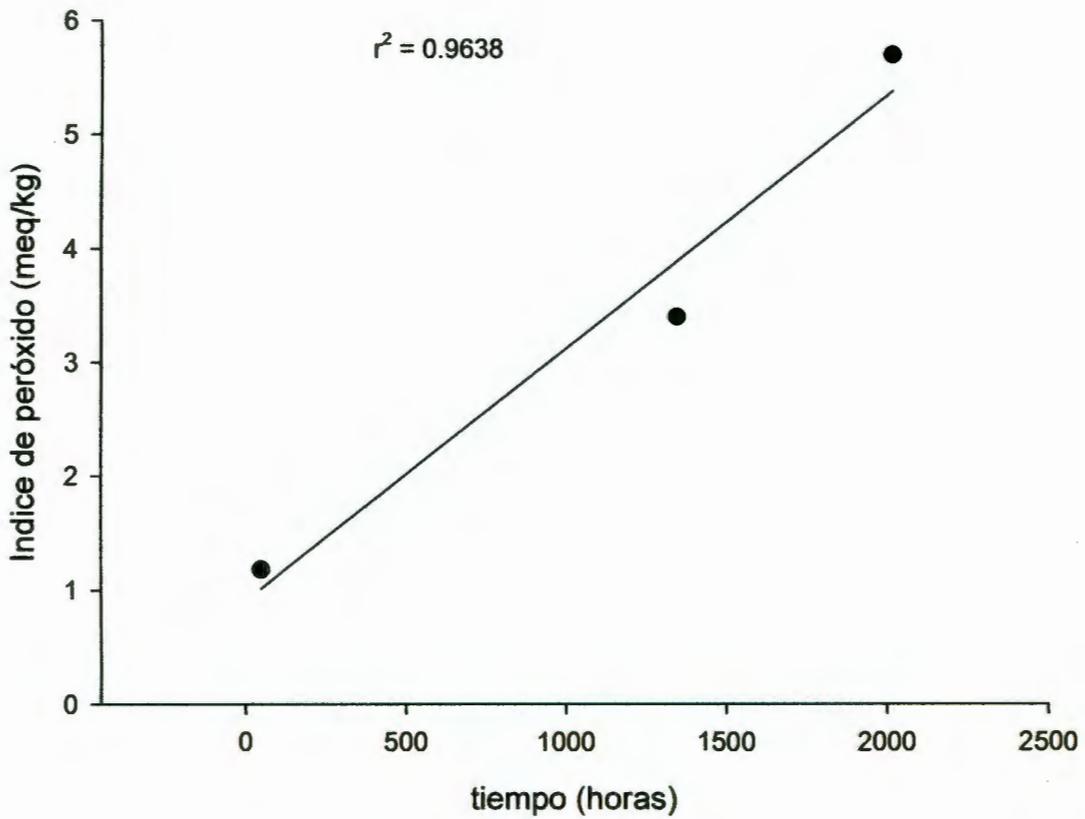
Anexo 1. Curva de calibración para lactosa (Dubois, 1956)



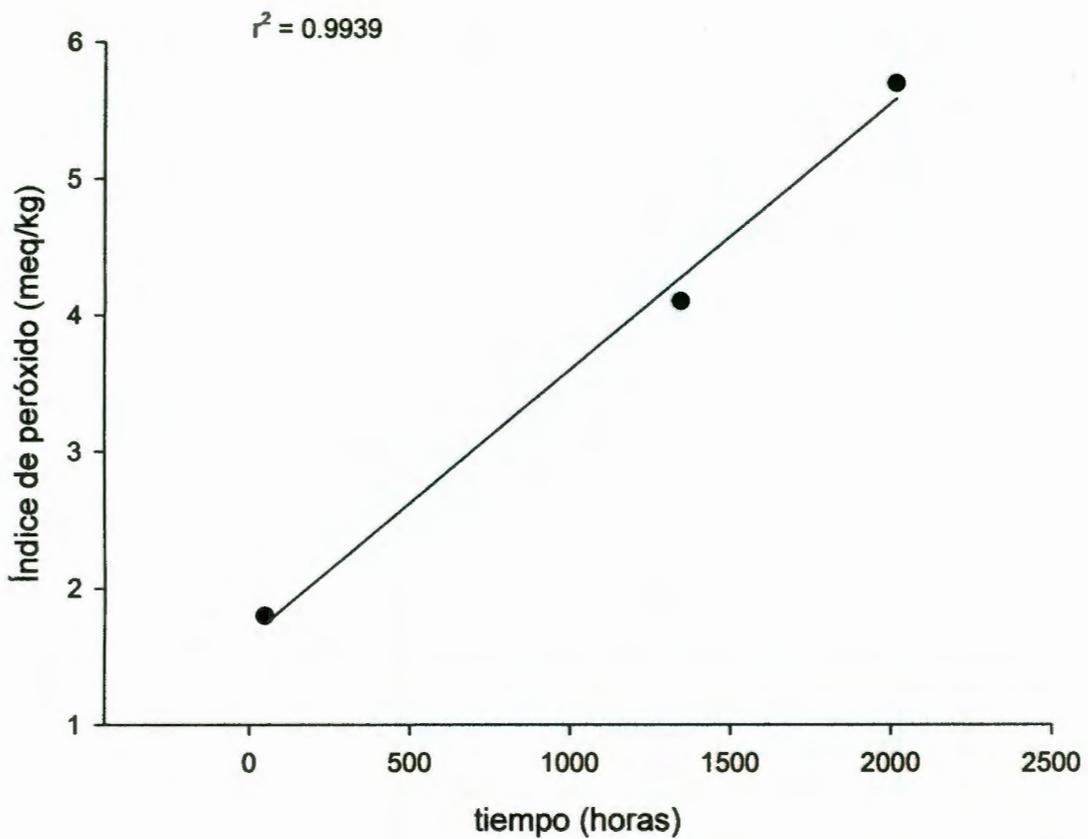
Anexo 2. Curva de calibración para glucosa (Dubois, 1956)



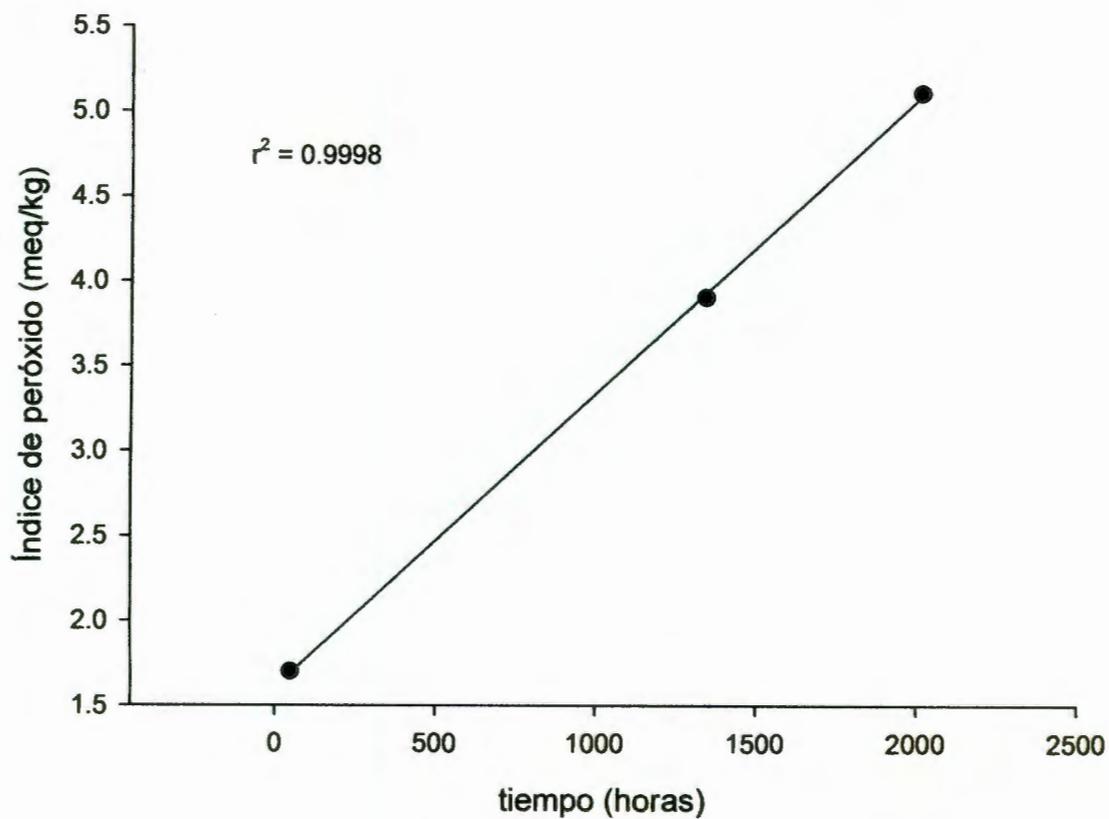
Anexo 3. Curva de calibración para calcio (fotometría de absorción atómica)



Anexo 4 Grafica para la determinación de la vida de anaquel en base al índice de peróxido y la vida útil del producto a 298 K de almacenamiento.



Anexo 5 Grafica para la determinación de la vida de anaquel en base al índice de peróxido y la vida útil del producto a 303 K de almacenamiento.



Anexo 6 Grafica para la determinación de la vida de anaquel en base al índice de peróxido y la vida útil del producto a 311 K de almacenamiento.