



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA**



TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

QUÍMICO EN ALIMENTOS

PRESENTA

AMALIA MONSERRATH GONZÁLEZ CONZUELO

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS, REOLÓGICAS Y
SENSORIALES DE UNTABLES NATURALES**

DIRECTOR

DRA. ANDREA YAZMIN GUADARRAMA LEZAMA

ASESOR

DR. JUAN OROZCO VILLAFUERTE

TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, MARZO DE 2016

ÍNDICE

	Página
Índice.	1
Índice de Tablas.	4
Índice de Figuras.	5
Índice de Anexos.	7
Resumen.	9
Introducción.	11
I. MARCO TEÓRICO	
1.1 Desarrollo de nuevos productos.....	13
1.1.1 Productos preparados o semi-preparados.	15
1.2 Untables.	15
1.3 Zanahoria.	16
1.3.1 Pigmentos en la zanahoria.	17
1.3.2. Factores que influyen en la estabilidad de los carotenos.	19
1.4 Betabel.	20
1.4.1 Pigmentos presentes en el betabel.	22
1.4.2. Estabilidad de las betaninas.	23
1.5 Carbohidratos.	24
1.5.1 Hidrocoloides	
1.5.1.1 Carboximetilcelulosa (CMC).	26
1.5.1.2 Pectina.	27
1.5.1.3 Colágeno.	28
1.5.1.4 Goma Xantana.	28
1.5.1.5 Goma Guar.	29
1.6 Reología.	29
1.7 Fluidos.....	32
1.7.1 Clasificación de los fluidos.	33

1.8 Análisis sensorial en alimentos.	37
1.8.1 Análisis de Perfil de Textura.	39
1.8.1.1 Perfil sensorial (de sabor).	40
1.8.1.2 Perfil de Textura.	41
II. JUSTIFICACIÓN.	43
III. HIPÓTESIS.	45
IV. OBJETIVOS	
4.1 Objetivo general	47
4.2 Objetivos específicos.	47
V. MATERIALES Y MÉTODOS	
5.1 Materiales.	49
5.2 Métodos	50
5.2.1 Extracción de jugo de betabel y zanahoria.	50
5.2.1.1 Determinación del contenido de betanina y β -caroteno en jugo de betabel y zanahoria.	50
5.2.1.3 Determinación de grados Brix en jugo.	50
5.2.1.4 Determinación de pH en jugo de betabel y zanahoria.	50
5.2.2 Elaboración de untables.	51
5.2.2.1 Formulaciones preliminares.	52
5.2.2.2 Formulación final.	52
5.2.3 Determinación del contenido de Betanina y β -caroteno en los untables.	56
5.2.4 Evaluación de las propiedades fisicoquímicas en los untables naturales	
5.2.4.1 Determinación de pH y actividad de agua.	56
5.2.5 Cinéticas de conservación de los pigmentos en almacenamiento de los untables.	57
5.2.6 Determinación de las propiedades reológicas de los untables naturales.	57

5.2.7 Análisis sensorial de los untables.	58
 VI. RESULTADOS Y DISCUSION	
6.1 Parámetros fisicoquímicos en el jugo de betabel y zanahoria.....	60
6.2 Estudio de estabilidad de Betanina y β -caroteno en almacenamiento.....	60
6.3 Evaluación de propiedades fisicoquímicas en los untables de zanahoria y betabel.	62
6.4 Efecto del pH y la temperatura de almacenamiento en los untables.....	63
6.5 Efecto de la actividad de agua (a_w) y la temperatura de almacenamiento en los untables.	65
6.6 Conservación de β -caroteno y Betanina.	67
6.6.1 Cinéticas de degradación.	70
6.7 Parámetros reológicos	
6.7.1 Viscosidad aparente.....	72
6.7.2 Módulo de almacenamiento y pérdida (G' y G'').....	79
6.7.2.1 Módulo elástico en untables con almacenamiento a 5, 25 y 35°C.....	83
6.7.2.2 Módulo viscoso en untables con almacenamiento a 5, 25 y 35°C.	83
6.8 Análisis sensorial.	84
6.8.1 Perfil de sabor.	84
6.8.2 Perfil de textura.	85
 VII. CONCLUSIONES	 88
 VIII. REFERENCIAS	 90
 IX. ANEXOS	 98

ÍNDICE DE TABLAS

N° de Tabla	Nombre de la Tabla
Tabla 1	Producción y rendimiento de zanahoria a nivel nacional.
Tabla 2	Composición Fitoquímica del Betabel.
Tabla 3	Clasificación de reómetros según su tipo.
Tabla 4	Variación de concentración en ingredientes para obtención de formula base para la adición posterior de hidrocoloides.
Tabla 5	Formulación de los untables naturales adicionado con jugo de betabel o zanahoria.
Tabla 6	Propiedades fisicoquímicas del jugo de betabel y zanahoria.
Tabla 7	Valores de pH y aw de untables.
Tabla 8	Constantes de velocidad (k), degradación y tiempos de vida media para Betaninas.
Tabla 9	Constantes de velocidad (k), degradación y tiempos de vida media para β -carotenos.
Tabla 10	Valores máximos de viscosidad aparente en untables.
Tabla 11	pH inicial en untable de betabel.

ÍNDICE DE FIGURAS

N° de Figura	Nombre de la Figura
Figura 1	Comportamiento nacional del cultivo de zanahoria.
Figura 2	Estructura química de β -caroteno.
Figura 3	Estructura química del ácido betalámico y betalaina.
Figura 4	Estructura química de Betacianinas y betaxantinas.
Figura 5	Curva de fluidez para representar la viscosidad dinámica y aparente.
Figura 6	Clasificación de los fluidos con relación a la viscosidad.
Figura 7	Relación de curvas de esfuerzo.
Figura 8	Comparación entre un fluido viscoso y uno viscoelástico.
Figura 9	Respuesta de un material ante una fuerza aplicada.
Figura 10	Diagrama esquemático de los procesos que conducen a la percepción de la textura.
Figura 11	Clasificación de las pruebas analíticas sensoriales.
Figura 12	Clasificación de las pruebas afectivas sensoriales.
Figura 13	Representación gráfica de un perfil de sabor.
Figura 14	Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de untable de zanahoria o betabel.
Figura 15	Porcentaje de conservación de β -carotenos en jugo de zanahoria con y sin conservador.
Figura 16	Porcentaje de conservación de betanina en jugo de betabel con y sin conservador.
Figura 17	Influencia del pH en untable de zanahoria y betabel con y sin conservador almacenados a 5°C.

- Figura 18** Actividad de agua en untable de zanahoria y betabel con y sin conservador, almacenados a 5°C.
- Figura 19** Porcentaje de conservación de β -carotenos en untables de zanahoria con y sin conservador.
- Figura 20** Porcentaje de conservación de betanina en untables de betabel con y sin conservador.
- Figura 21** Viscosidad aparente (η_{ap}) inicial en untables sin conservador.
- Figura 22** Viscosidad aparente (η_{ap}) inicial en untables con conservador.
- Figura 23** Viscosidad aparente final en untable de Betabel con almacenamiento a 5, 25 y 35°C.
- Figura 24** Viscosidad aparente final en untable de zanahoria con almacenamiento a 5, 25 y 35°.
- Figura 25** Módulos G' y G'' iniciales en untables de zanahoria y betabel sin conservador.
- Figura 26** Módulos G' y G'' iniciales en untables de zanahoria y betabel con conservador,
- Figura 27** Análisis gráfico Perfil de sabor
- Figura 28** Análisis gráfico perfil de textura.

ÍNDICE DE ANEXOS

N° del Anexo	Nombre del Anexo
Anexo 1	Ingredientes básicos para la elaboración de jaleas.
Anexo 2	Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de untable de zanahoria o betabel.
Anexo 3	pH Untable de zanahoria sin/con conservador.
Anexo 4	pH Untable de betabel con/sin conservador.
Anexo 5	Actividad de agua en untables de zanahoria sin/con conservador con almacenamiento a 5, 25 y 35°C
Anexo 6	Actividad de agua en untable de betabel sin/con conservador.
Anexo 7	Módulos G' y G'' finales de untables de zanahoria con/sin conservador.
Anexo 8	Módulos G' y G'' finales de untables de betabel sin/con conservador.
Anexo 9	Módulo elástico (G') en untables de betabel sin conservador después de un almacenamiento a 5, 25, y 35°C.
Anexo 10	Módulo elástico (G') untables de zanahoria sin conservador después de un almacenamiento a 5. 25, y 35°C.
Anexo 11	Módulo viscoso (G'') en untables de betabel sin conservador después de un almacenamiento a 5. 25, y 35°C.
Anexo 12	Módulo viscoso (G'') en untables de zanahoria sin conservador después de un almacenamiento a 5. 25, y 35°C.
Anexo 13	Resultados perfil de sabor.

Anexo 14 Resultados perfil de textura.

RESUMEN

En el presente trabajo se elaboraron dos untables a base de carboximetilcelulosa, pectina, colágeno y azúcar conteniendo pigmentos de origen natural provenientes de jugo de betabel y zanahoria. Presentándose como una alternativa de productos untables que no contengan grasas, ni azúcares en exceso. Por ende esta propuesta está enfocada en atender el tema de “Desarrollo de Alimentos” y el área de conocimiento en el que impactó este trabajo fue en el desarrollo de nuevos sistemas dispersos, proporcionando una alternativa de consumo de dichos vegetales, de forma que los untables naturales sean incorporados en la dieta de la población mexicana.

Se realizó el estudio y análisis de estabilidad de pigmentos contenidos en dicha formulación; así como de sus propiedades reológicas y sensoriales. Los resultados obtenidos muestran que los parámetros fisicoquímicos, pH y a_w se ven modificados al permanecer en almacenamiento a temperaturas de 5, 25 y 35°C durante 30 días. El untable elaborado con jugo de betabel almacenado a 5°C conservó el 90% de pigmentos presentes en el jugo, presentando cinéticas de primer orden, al igual que en los untables elaborados con el jugo de zanahoria con un porcentaje menor de β -caroteno.

La incorporación de hidrocoloides le confirió propiedades viscosas al producto, evaluados mediante parámetros reológicos, obteniendo que la viscosidad aparente de los diferentes untables, disminuyó al incrementar la velocidad de corte en todos los casos. Los módulos elástico y viscoso disminuyeron a medida que se incrementó la temperatura de almacenamiento de los mismos. En todas las muestras analizadas, el módulo elástico es mayor que el viscoso, por lo que presenta un comportamiento predominantemente sólido.

Los resultados de los parámetros reológicos se correlacionaron con el perfil sensorial de textura. El 40% de los jueces entrenados, percibió una gomosidad más alta en el untable elaborado con el jugo de betabel. Mientras que el perfil sensorial

de sabor realizado para las diferentes formulaciones de untables mostró que la dulzura y el olor fueron los aspectos más perceptibles detectados por los jueces entrenados en el untable realizado con jugo de zanahoria, mientras que la dulzura y la intensidad de color fueron los aspectos más perceptibles por los jueces en untables realizado con jugo de betabel.

INTRODUCCIÓN

Un untable, es un producto semisólido elaborado en su mayoría de veces a base de grasas hidrogenadas, las cuales son ricas en ácidos grasos trans y en ocasiones conteniendo ingredientes sintéticos. Los untables que la población mexicana ingiere, se reduce a mantequillas, margarinas y mermeladas como aperitivos principalmente. Sin embargo, el consumo excesivo de este tipo de untables, conlleva al riesgo de padecer enfermedades degenerativas, cuya prevención se basa en el consumo de alimentos saludables, bajos en calorías, con propiedades fisicoquímicas deseables.

Por lo anterior, el presente estudio contempla la elaboración de untables naturales con jugo de betabel y zanahoria, como una alternativa de productos untables que no contengan grasas saturadas, ni azúcares en exceso. Elaborados a base de hidrocoloides, también conocidos como gomas que son aditivos alimentarios que permiten modificar la textura en el producto final, optimizando la cohesividad, consistencia y apariencia además de que permiten reducir costos a través de la disminución del contenido de sólidos por el reemplazo de las proteínas y la materia grasa de las formulaciones, manteniendo la textura del producto final.

Las propiedades reológicas de los alimentos semisólidos como los untables, están relacionadas directamente con los módulos descritos como G' (almacenamiento) y G'' (pérdida); es decir los parámetros que nos permiten describir que tan viscoso o elástico es un material. Estas características se atribuyen a la adición de hidrocoloides en proporciones no excesivas, con la finalidad de proporcionar a los productos la consistencia y palatabilidad deseada. Otra característica importante de los hidrocoloides adicionados en los sistemas alimenticios, es su capacidad de retención de agua, así como la incorporación de materiales bioactivos, tales como pigmentos y/o antioxidantes con la finalidad de retardar su degradación, durante el almacenamiento a diferentes condiciones ambientales.

Existe una gama importante de pigmentos en vegetales, cuyos compuestos son responsables de la coloración de gran número de alimentos vegetales y animales. Se clasifican en diferentes familias de acuerdo a su estructura química y molecular. Muchos de estos pigmentos son precursores de la vitamina A tales como los carotenos, mientras que algunos otros, además de presentar actividad antioxidante, aportan algunos beneficios a la salud por lo que resulta de gran interés el estudio de estos en los sistemas alimenticios

La zanahoria (*Daucus carota*) es una hortaliza ampliamente consumida, siendo rica en carotenoides, especialmente en β -caroteno que son responsables de su color naranja y precursores de vitamina A, por lo que diversos estudios publicados han evaluado las causas de la degradación de los carotenoides mediante el estudio de diversos factores que provocan estos cambios como lo son la luz, el oxígeno y la temperatura, ya que su pérdida, además de producir cambios de color en el alimento, conlleva a una disminución de su valor nutritivo.

I. MARCO TEÓRICO

1.1 Desarrollo de nuevos productos

Durante los últimos años, se han observado una serie de modificaciones en el estilo de vida de la población debido a la creciente industrialización, urbanización, y el aumento del desarrollo económico y la globalización. Dichos cambios han repercutido de manera negativa en la dieta viéndose afectados los patrones de la alimentación. Observándose que existe un aumento en el consumo energético y en la proporción de grasas saturadas y azúcares simples, disminuyendo la ingesta de frutas y vegetales en la dieta diaria. En este sentido existe una creciente necesidad de alimentos frescos, inocuos y que contribuyan a la mejora de la salud

Debido a los cambios, la gama dedicada al ramo alimenticio, se ve obligada al desarrollo de nuevos productos saludables basados principalmente en la reducción del contenido de grasa y/o azúcar y el desarrollo de los denominados “alimentos funcionales”, frescos, inocuos y que contribuyan a la mejora de la salud.

El desarrollo de nuevos productos debe aportar un valor agregado, estos deben resultar innovadores, además de tener en cuenta que la primera etapa de la definición de un nuevo producto implica la búsqueda de nuevas ideas, para lo que se requiere la identificación de los deseos y necesidades de los consumidores (Kleef, 2006). Sin embargo, conocer exactamente lo que los consumidores quieren es un proceso complejo porque no sólo las características intrínsecas del producto son importantes, sino también una multiplicidad de variables relacionadas a la instancia de consumo del alimento como el tiempo, lugar, ambiente, entre otros (Linnemann, Benner y Verkerk, 2006). Esto sumado a la heterogeneidad existente entre los consumidores, dificulta la posibilidad de predecir lo que buscan los consumidores (Costa y Kongen, 2006).

La segunda etapa consiste en el desarrollo de la idea del producto, la cual debe integrar los deseos y necesidades de los consumidores identificados en la primera etapa. Según Van Kleef (2006) es importante entender cómo los consumidores

perciben los productos, cómo éstos satisfacen sus necesidades y cómo realizan la elección de los productos en base a sus necesidades.

Una vez definidas las características del producto, comienza la etapa de desarrollo del producto en sí mismo. El desarrollo del producto, la formulación y las condiciones de procesamiento son sistemáticamente variadas siguiendo un diseño experimental que permite evaluar el efecto de cada una de las variables sobre las características sensoriales del producto y la percepción de los consumidores (Bruzzone, Ares y Giménez, 2012).

1.1.1 Productos preparados o semi-preparados

Un alimento preparado o semi-preparado, es el producto compuesto de diversos ingredientes y condimentos, que puede o no contener aditivos para alimentos, sometido o no a tratamiento térmico, cuya identidad corresponde a una especialidad culinaria específica, y que se presenta semi-preparado o totalmente preparado para su consumo.

1.2 Untables

En el mercado, el consumo de untables se ve limitado a margarinas, mantequilla y mermelada, sin embargo no se le ha dado importancia a los spreads (productos untables de bajas calorías) cuyo contenido de materia grasa puede oscilar entre el 40 y 70% (Bucheli, 2005).

Estos productos están diseñados para la forma de vida más sana de hoy, y se basan en grasas poliinsaturadas o monoinsaturadas. El producto final tiene típicamente una proporción baja en grasa. En el caso de la industria alimentaría se están utilizando lipasas para preparar mantecas untables a través de reacciones de interesterificación de mezclas de triglicéridos. Muchos nutricionistas explican que los alimentos con bajo contenido graso pueden ser efectivos para ayudar a reducir la proporción de grasa en nuestra dieta cuando se utilizan para sustituir alimentos ricos en grasas. Como en todas las elecciones de alimentos, es importante que los

consumidores reconozcan que las calorías y el tamaño de la porción siguen siendo importantes aun cuando se consuman alimentos con menor contenido de grasa (FAO, 2008).

1.3 Zanahoria

La zanahoria (Daucus carota), es una hortaliza que pertenece a la familia de las umbelíferas, subespecie *sativus*, cuya raíz es considerada la más importante dentro de la familia a la que pertenece. Es una planta bianual, es decir que, en condiciones normales, florece en el segundo año después de la siembra (IPGRI, 1998).

El origen de la zanahoria se localiza en Asia menor, en el actual Irán, finalmente introducida por los árabes desde el Norte de África a España y finalmente al resto de Europa. En la Edad Media se cultivaban las variedades morada, blanca y amarilla. Sin embargo fue hasta el siglo XVII, donde los horticultores de los Países Bajos cultivaron la variedad de zanahoria color naranja (De la Paz, 2003).

La zanahoria, además de ser destacada por su contenido de carotenos, se le atribuye diversas propiedades medicinales y nutrimentales por su contenido de vitaminas y minerales en el que el consumo principalmente es crudo; en ensalada entera o rallada y aliñada con limón, cocida o simplemente como jugo.

El cultivo de la zanahoria ha tenido un importante crecimiento en los últimos años, en superficie, como en producción, ya que se trata de una de las hortalizas más producidas en el mundo, en donde Asia es el mayor productor seguida por Europa y E.E.U.U, en el que refiriéndonos al mercado nacional, según infoagro en 2002 México tenía una producción de 341.412 toneladas. En la Figura siguiente se observa la producción en toneladas de los Estados de la Republica que producen Zanahoria. En el año 2005 el Estado de México ocupó el décimo tercer lugar en lo que respecta a superficie cosechada y volumen de producción, en cuanto al precio se ubica arriba de la media del precio promedio nacional (SEDAGRO, SIAP, SAGARPA., 2005).



Figura 1. Comportamiento nacional del cultivo de zanahoria

El estado de Guanajuato es el que con una mayor producción de zanahoria de; 31,998 toneladas en el año 2005, mientras que el estado de Puebla tuvo una producción de 24,924 toneladas.

El rendimiento de producción para el estado de Veracruz fue mayor respecto de los demás estados donde se produce la zanahoria, en el que existen 40,000 toneladas por hectárea, como puede apreciarse en la Tabla 1.

Tabla 1. Producción y rendimiento de zanahoria a nivel nacional

Estado	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
Guanajuato	31,998	21,745
Puebla	24,924	21,806
Zacatecas	17,633	28,717
Sonora	10,878	27,470
Veracruz	9,500	40,000
Nuevo León	6,400	22,857
México	1,273	25,450

1.3.1. Pigmentos en la zanahoria

En las frutas y vegetales, el color se atribuye a la presencia de algún tipo de pigmento, dentro de los que se pueden encontrar: clorofilas, carotenoides y

antocianinas, los cuales son responsables de la coloración verde, roja-amarilla, y azul-violeta respectivamente.

Dentro de los pigmentos, los carotenoides son después de las clorofilas, los más distribuidos en la naturaleza, se perciben en todo el reino vegetal, incluyendo tejidos fotosintéticos y no fotosintéticos; responsables del color amarillo, naranja y rojo de la mayoría de frutos, así mismo se encuentran en bacterias, algas, hongos y muy pocos en animales, por ejemplo los colores rojizos de las plumas del flamenco, y particularmente invertebrados marinos como las esponjas, estrellas de mar, entre otros (Méndez, Gonzáles y Gutiérrez, 2005).

Químicamente los carotenoides son tetraterpenos naturales, constituidos por 40 átomos de carbono, su propiedad para absorber luz, se deriva de la presencia de 7 o más enlaces dobles conjugados con posibilidad de absorber luz visible, con colores que van del amarillo al rojo con lo cual se conocen más de 600 carotenoides, y se les encuentra en forma libre, como ésteres de ácidos grasos o como glicósidos (Martínez, 2003).

Los carotenoides se clasifican en dos grandes grupos: a) xantofilas y b) carotenos; cuya presencia de un grupo u otro, dependerá en gran parte del pre cosecha, estado de madurez, así como las operaciones de procesado y conservación de frutas y vegetales.

El color naranja presente en la zanahoria se debe a la presencia de β -caroteno, cuya estructura química se observa en la Figura 2. Aunque también se encuentran presentes algunos otros carotenos como α -caroteno, γ -caroteno, el β -caroteno es el que se encuentra en una concentración del 98 - 99% en todas las variedades de zanahoria.

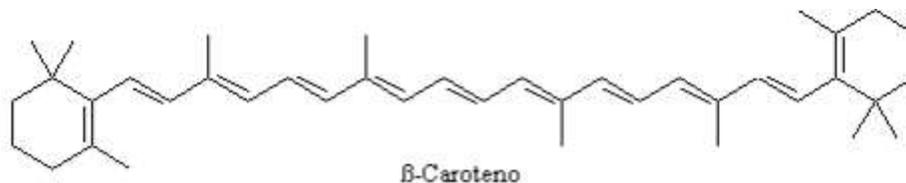


Figura 2. Estructura química de β -caroteno

1.3.2. Factores que influyen en la estabilidad de los carotenos

Los β -carotenos en su ambiente natural se encuentran de manera estable, a diferencia de cuando se les realiza un tratamiento, estos se vuelven mucho más lábiles, se pueden modificar estructuralmente, e incluso destruir y con ello se reduce el valor nutritivo de los alimentos induciendo a una decoloración y una pérdida de sus características organolépticas (Meléndez, Vicario, Heredia, 2004).

Los factores que influyen en la degradación de los pigmentos son varios, en los que destaca la estructura, exposición a la luz, actividad de agua, temperatura, presencia de oxidantes o antioxidantes, presencia de sulfitos, etc.

a) Efecto de oxidación

El grado de decoloración depende fundamentalmente de la presencia de agentes oxidantes en el medio (sobre todo oxígeno molecular) y de que se comunique energía suficiente para que la reacción de degradación tenga lugar. La interacción de los carotenos con algunos constituyentes de los alimentos ejerce un efecto protector contra dichas reacciones, de tal forma que se oxidan más rápidamente cuando se extraen del fruto o se purifican. (Rodríguez, 1999). En alimentos procesados, el mecanismo de oxidación dependerá de diversos factores: puede llevarse a cabo una auto-oxidación por reacción con oxígeno atmosférico a velocidades que dependen de la luz, el calor y la presencia de pro- y antioxidantes (Porras, 2009).

b) Efecto de la temperatura

La influencia de la temperatura en la estabilidad de los pigmentos es clara; siempre actúa como acelerador de la reacción de degradación. Estudios recientes revelan que la degradación del β -caroteno debida a diferentes condiciones de calentamiento sigue una cinética de primer orden. Debido a su importancia nutricional como fuente de carotenos, muchos de los estudios de estabilidad de estos compuestos se han realizado en zanahorias y productos derivados, entre los que se encuentra un estudio en zumos no escaldados tratados a 115,6°C reteniendo un mayor

porcentaje de los carotenos estudiados; 51,3 y 51,2%, respectivamente (Meléndez, et al., 2004).

c) Efecto de la luz

La acción que produce la luz intensa sobre los carotenos provocará su ruptura, induciendo a la formación de compuestos incoloros de bajo peso molecular, dicho fenómeno es de vital importancia ya que además de la pérdida de su color característico, disminuye la función biológica de provitamina A.

d) Efecto del pH

Aunque los carotenoides extraídos o no son relativamente resistente a valores de pH extremos, los ácidos y álcalis pueden provocar isomerizaciones *cis/trans* de ciertos dobles enlaces, reagrupamientos y desesterificaciones (Meléndez y col., 2004).

e) Efecto del almacenamiento

Finalmente, el efecto del almacenamiento sobre los carotenos va a depender, indudablemente, de las condiciones en las que se lleve a cabo.

1.4 Betabel

El betabel, al igual que la zanahoria, está considerado como una hortaliza, aunque también puede denominarse tallo engrosado bulboso, con un alto valor nutritivo con cantidades considerables de vitamina B, hierro, magnesio y potasio cuyo uso se reduce principalmente a jugos y ensaladas (SIAP, 2014).

El Betabel (*Beta vulgaris*) pertenece a la familia *Chenopodiaceae*, que ahora se incluye en la familia *Amaranthaceae*, su origen se remonta al segundo milenio A.C. en algún lugar cerca del Mediterráneo donde los griegos aprovechaban principalmente sus hojas como alimento, posteriormente su cultivo se extendió a Babilonia en el siglo 8 A.C. y al este de China por el 850 D.C.

El Betabel pertenece a los tubérculos más comunes que se cultivan en México y su consumo puede ser tanto en crudo como en preparaciones de ensaladas y jugos frescos, fermentados o cocidos (Juszczak, Witczak, Fortuna y Beata, 2010).

El interés específico en el jugo de betabel ha surgido debido a que es una rica fuente de compuestos polifenólicos, predominando lo que son los pigmentos llamados betalaínas, que son derivados de ácido betalámico; betacianinas y betaxantinas y un número de compuestos fenólicos. Así mismo contiene pequeñas cantidades de otros compuestos, como lo son carotenoides y ácido ascórbico que pueden aumentar aún más su capacidad antioxidante total.

La Tabla 2 muestra la clasificación de las betalaínas, y compuestos fenólicos que se encuentran en mayor concentración en el jugo de betabel, siendo la Betanina la más abundante con respecto a los demás compuestos.

Tabla 2. Composición Fitoquímica del Betabel

Clasificación	Compuestos
1. Betalaínas	
1.1 Betaxantinas	Vulgaxantina I Vulgaxantina II
1.2 Betacianinas	Betanina Isobetanina
2. Conjugados del ácido ferúlico	5,5',6,6'-tetrahidroxi-3,3'- biindolil Feruloilglucosa β -d-fructofuranosil- α -d-(6-O- (E) feruloilglucopiranosido)
3. Amidas fenólicas	N-trans-feruloiltiramina N-trans- feruloilhomovanililamina
4. Flavonoides	Betagarina Betavulgarina Coclofilin A Dihidroisoramnetina

1.4.1 Pigmentos presentes en el betabel

El Betabel por naturaleza, presenta un color que va del rojo al púrpura intenso, coloración que se le atribuye a los pigmentos contenidos en este de forma natural en la raíz, como se muestra en la Tabla anterior, dichos pigmentos (betalaínas) se encuentran distribuidos en dos grupos: a) betacianinas; que dan lugar a una pigmentación rojo-violeta y b) betaxantinas; que tienen una coloración amarilla. Ambos grupos de moléculas son ópticamente activas, las betalaínas del tipo betaxantinas presenta su máxima absorción entre 480 nm y 485 nm, mientras que las betalaínas del tipo betacianinas presentan su pico de máxima absorción en un intervalo de 534 nm y 554 nm (Azeredo, 2009).

Las betalainas, son pigmentos hidrosolubles que existen como sales en las vacuolas de las células vegetales, son similares a las antocianinas en apariencia visual. Anteriormente se les llamaba antocianinas nitrogenadas. Estos pigmentos se encuentran sólo en 10 familias: *Aizoaceae*, *Amaranthaceae*, *Basellanaceae*, *Cactaceae*, *Chenopodaceae*, *Didiereaceae*, *Holophytaceae*, *Nyctaginaceae*, *Phytolaccaceae* y *Portulacaceae*. Al igual que las antocianinas, se acumulan en las vacuolas celulares de las flores, frutas y hojas que las sintetizan, principalmente en la epidermis y la subepidermis (Badui, 2006).

Químicamente, los grupos de betalaínas se derivan a partir de la condensación de la amina con el ácido betalámico (Figura 3), dando lugar a los dos tipos de pigmentos hidrosolubles ya mencionados (Figura 4): las betacianinas (que predominan en el betabel caracterizados por pigmentos rojo-violeta) y las betaxantinas (pigmentos amarillos) (Prudencio, Tomazi y Bordignon, 2011).

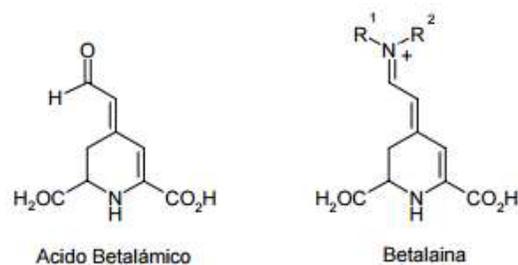


Figura 3. Estructura química del ácido betalámico y betalaina

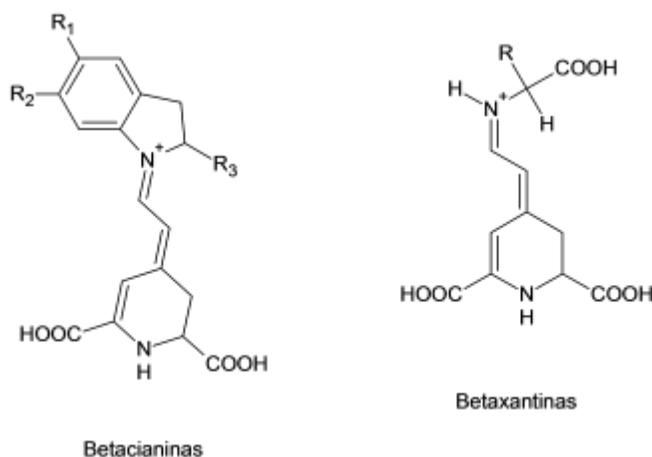


Figura 4. Estructura química betacianinas y betaxantinas

La cantidad en promedio de las betalainas presente en el betabel ha sido estimada entre 100mg/100g o bien 120mg/100g de sólidos totales en peso fresco (Scotter, Fera y UK, 2015). El principal componente se encuentra entre un 78 a un 90% del total de los pigmentos constituyentes de esta raíz, porcentaje correspondiente a la betacianina de tipo betanina, cuyas variaciones en el porcentaje dependerán directamente del tipo de cultivo y lugar donde se lleve a cabo.

1.4.2 Estabilidad de los betaninas

El color es uno de los factores más importantes que indican la calidad de los alimentos, debido a que este influye en la aceptación y preferencia del consumidor. Sin embargo existen diversos factores que afectan la pigmentación, ya que las frutas y hortalizas se encuentran susceptibles a daños mecánicos así como a la

degradación de pigmentos por diversos factores ambientales después de su recolección y almacenamiento. La estabilidad de las betalainas está fuertemente influenciada por las enzimas presentes en su estructura y composición, pH, actividad de agua (a_w), oxígeno, luz, metales, temperatura, ácido ascórbico y azúcares (Kujaka, 2000; Chethana, Nayak y Raghavarao).

a) Presencia de enzimas

El betabel poseen enzimas endógenas como la β -glusidasa, polifenoloxidasa y peroxidasa, que de no ser inactivadas, principalmente por escaldado, pueden degradar a las betalainas, y a su vez el color (Stinzing y Carle, 2004), ya que se genera el pardeamiento enzimático (Latorre, Narvaiz, Rojas y Gerschenson, 2010).

b) Actividad de agua (a_w)

La estabilidad de las betalainas puede ser afectada por la actividad de agua, ya que es un factor determinante en la susceptibilidad del pigmento para degradarse. Por lo que se le atribuye una movilidad reducida de los reactivos o la limitada solubilidad de oxígeno (Azeredo, 2009).

c) Temperatura

La temperatura es un factor muy importante que influencia la estabilidad de las betalainas, debido a que como lo menciona Ravichandran, et al. (2011) La degradación de las 24 betalainas posee una relación directamente proporcional con respecto al aumento de la temperatura.

1.5 Carbohidratos

Los carbohidratos constituyen una clase importante de compuestos de origen natural. Contienen en su estructura carbono, hidrógeno y oxígeno en las proporciones 6:12:6. Los carbohidratos se pueden clasificar de acuerdo a su estructura en:

a) Monosacáridos: carbohidratos que no pueden hidrolizarse a otro compuesto más simple. Por ejemplo, glucosa, fructosa, galactosa.

b) Oligosacáridos: Carbohidrato que por hidrólisis produce de dos a diez unidades de monosacáridos. A su vez se clasifican en disacáridos, trisacáridos, etc. hasta deca-sacáridos.

c) Polisacáridos: son los carbohidratos más complejos, de cadenas ramificadas de más diez moléculas; almidón, glicógeno, celulosa (Caballero y López, 2012).

En la mayoría de los casos los polisacáridos naturales contienen cientos o miles de monómeros, que se encuentran en cadenas lineales o ramificadas, que a la vez pueden estar integradas por un solo tipo de monosacárido (homopolisacárido), como lo son el almidón y la celulosa o por varios tipos de monosacáridos (heteropolisacárido), como es el caso de la mayoría de las gomas o también llamados hidrocoloides (Badui, 2006).

1.5.1 Hidrocoloides

Los hidrocoloides son polisacáridos que por su gran capacidad de retener agua, producen partículas coloidales muy hidratadas, razón por la cual se les da el nombre de hidrocoloides. Se caracterizan por su propiedad de formar dispersiones viscosas cuando se mezclan con agua, así mismo con capacidad de producir geles al combinarse con el solvente apropiado siendo moléculas altamente hidrofílicas que actúan en bajas concentraciones reduciendo la movilidad del agua y aumentando la viscosidad (Ruiz, 2007).

De la misma manera, los hidrocoloides permiten modificar y/o controlar las propiedades de flujo y la textura de algunos alimentos fluidos y/o bebidas. Las características que confieren estos a los alimentos, y por las que son más utilizadas en la industria alimenticia son las siguientes:

- a) Estabilizadores a través de sus interacciones con agua
- b) Emulsionantes
- c) Gelificantes

- d) Estabilizan o forman espumas
- e) Mejoran la textura, dándole “cuerpo” al alimento
- f) Espesantes y agentes de viscosidad
- g) Encapsulación de sabores artificiales, fijación de sabores
- h) Protectores de coloides
- i) Inhibidores de sinéresis
- j) Controlan la cristalización de azúcares, sales y agua
- k) Forman películas resistentes
- l) Aumentan la viscosidad/mejoran la sensación de cuerpo en la boca

Las propiedades anteriores dependerán del tipo de goma y de las interacciones que existen en el sistema. Su capacidad de retención de agua, dependerá de:

a) Factores intrínsecos: tipo de polímero, peso molecular, linealidad, etc.

b) Factores extrínsecos: pH, fuerza iónica, temperatura, presencia de ciertos cationes, etcétera. (Badui, 2006)

Entre los hidrocoloides que se pueden utilizar como aditivos en alimentos se encuentran las pectinas y celulosas, polisacáridos de la pared celular de plantas, que presentan la ventaja, frente a otros, de provenir de recursos abundantes en la naturaleza y de bajo costo y de ofrecer una amplia gama de posibilidades desde el punto de vista funcional y organoléptico.

1.5.1.1 Carboximetilcelulosa (CMC)

La carboximetilcelulosa, es un derivado de la celulosa, cuyas propiedades intrínsecas confiere a los productos en los que es adicionada, características como Aglutinante, espesante y estabilizante.

La CMC se utiliza principalmente en diversos productos en la industria de alimentos como lo son: la elaboración de jugos y néctares, rellenos de pie, productos de panificación, substitutos de grasa, productos lácteos (helados), salsas, aderezos y

productos elaborados a base de jitomate debido a su habilidad de retener agua. El uso de este hidrocoloide como aditivo en aderezos, es debido a que es capaz de conferir “cuerpo” e incrementar la viscosidad en mezclas de diferentes productos alimenticios, y cuando es mezclada con otras gomas y/o hidrocoloides retarda o evita el fenómeno de la sinéresis.

El uso de este hidrocoloide finalmente garantiza propiedades reológicas y de estabilidad importantes para las aplicaciones del biopolímero, justificando su valor comercial en el mercado de hidrocoloides (Rinaudo, 1993).

1.5.1.2 Pectina

La pectina está constituida por moléculas de ácido D-galacturónico, unidas por enlaces glucosídicos α -D- (1,4), cuya funcionalidad y por ende su aplicación, depende de factores intrínsecos como su peso molecular y su grado de esterificación y por factores extrínsecos, tales como: el pH, las sales disueltas y la presencia de azúcares.

Existen diferentes tipos de pectinas, de acuerdo a su grado de esterificación. Las pectinas desempeñan un papel muy importante en la industrialización de las frutas, como la elaboración de jaleas, gelatinas o geles similares. La utilización de estas dependerá de su esterificación, y pueden ser:

a) Pectinas de baja esterificación: se requiere la presencia de iones calcio y de un pH de 2.8 a 6.5, ya que en estas condiciones los carboxilos se encuentran ionizados y pueden establecer uniones iónicas con otras moléculas de pectina mediante el Ca_2 ; de esta manera se crea la estructura básica del gel, en la cual, a su vez, los hidroxilos de los residuos del ácido galacturónico retienen agua por medio de puentes de hidrógeno y para su gelificación no se necesita sacarosa (López, Boatella, Codony, 2004).

b) Pectinas de alto metoxilo: gelifican dentro de un intervalo de pH de 2.0 a 3.5 y con 60 a 65% de sacarosa, dentro de este intervalo en el cual el gel se

estabiliza mediante un gran número de enlaces débiles; la adición del azúcar ejerce un efecto “deshidratante” sobre los polímeros, lo que ocasiona que se favorezcan las interacciones polisacárido-polisacárido de manera hidrófoba, y se cree una estructura tridimensional que rodea las moléculas de sacarosa altamente hidratadas

1.5.1.3 Colágeno

Está conformado por una estructura primaria de una proteína, que se define como la secuencia de residuos de aminoácidos. En el caso de colágeno, cuyas modificaciones son variadas y extensas, se incluyen la conversión de la prolina a 4-hidroxi prolina y 3-hidroxi prolina, la conversión de lisina en hidroxilisina ya al menos siete enzimas diferentes están involucradas. El colágeno, es un polvo blanco inodoro, de sabor neutro y que se disuelve fácilmente en líquidos fríos. Es un agente emulsionante y espumante, texturizador y aglutinante. Está formado por la misma materia prima que la gelatina aunque no tiene su comportamiento gelificante. (Ramachandran y Reddi, 1976).

Las ventajas para la salud y la belleza del colágeno se conocen desde hace mucho tiempo. Ahora se ha demostrado científicamente que 10 gramos de colágeno al día suplen las necesidades diarias para la salud de las articulaciones, huesos y piel de un adulto (Gelita, 2014).

1.5.1.4 Goma Xantana

La goma xantana es producida por fermentación a partir de la bacteria *Xanthomonas campestris*. Desde el punto de vista químico constituye una celulosa modificada, cuya estructura primaria favorece el establecimiento de una conformación ordenada de doble hélice que finalmente garantiza propiedades reológicas y de estabilidad importantes. Entre los múltiples usos del xantano se incluye la formulación de alimentos, fármacos, agroquímicos, siendo específicamente el sector alimentario el mayor consumidor (Aguila, Gastón, LLopiz y Jérez, 2005).

1.5.1.5 Goma Guar

Se obtiene de la semilla de la leguminosa *Cyamopsis tetragonoloba*. Está formada por una cadena lineal de manosa, con ramificaciones de galactosa cada dos manosas. Es soluble en agua fría, forma soluciones muy espesas y como reactivo de adsorción y ligador de hidrógeno. Su aplicación se ve reducida ya que forma turbidez, causada principalmente por el endospermo de la semilla a partir de su purificación (Roser, Mestres, 2006).

En general, el uso principal de los hidrocoloides se reduce a la capacidad de modificar la reología de los sistemas alimentarios en dos propiedades básicas; el comportamiento de flujo (viscosidad) y sus características sólidas (textura), modificando a la vez sus propiedades sensoriales, característica por la cual fue utilizada en la elaboración de los untables.

En la última década, muchos investigadores han contribuido en el conocimiento básico de descripción de propiedades fundamentales de geles de polímeros. En particular el comportamiento reológico de estas estructuras se ha estudiado extensivamente en diversas áreas, utilizando regímenes de deformación y esfuerzo (Lelievre, Mirza y Tang, 2002).

1.6 Reología

El primer uso de la palabra reología fue acreditado por Eugene C. Bingham en 1928, a partir de los trabajos de Heráclito (filósofo pre-Socrático), dándole el significado de “cada cosa fluye”. A partir de ese momento, la reología se ha establecido como la ciencia de la deformación y el flujo de la materia, es decir; la relación entre las fuerzas ejercidas sobre un material y la deformación resultante como una función del tiempo (Rosenthal, 2001).

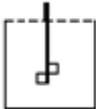
Todos los materiales tienen propiedades reológicas relevantes para diversos campos como lo son la geología, mecánica de suelos, procesado de polímeros y

productos alimenticios, para el presente estudio es de relevancia el estudio de los datos reológicos así como para la industria alimentaria por numerosas razones (Quintáns, 2008), entre ellas destacan:

- a) Cálculos necesarios para ingeniería de procesos que implican el diseño de tuberías, bombas, mezcladores, intercambiadores de calor, etc.
- b) La influencia de un ingrediente de tipo funcional sobre el desarrollo del producto.
- c) Control de calidad del producto.
- d) Evaluación de la textura del alimento mediante relación con datos sensoriales.

De tal manera que las propiedades reológicas serán independientes del instrumento con el cual sean medidas, por lo que existen diversos instrumentos, capaces de medir propiedades reológicas fundamentales, pueden ser clasificados en dos categorías generales, como se muestra en la Tabla 3 (Steffe, 1992).

Tabla 3. Clasificación de reómetros según su tipo

Tipo	Reómetro		Tipo	Reómetro	
Rotacional	Platos paralelos		Tabular	Tubo capilar	
	Cilindros concéntricos				Capilar de alta presión
	Plato-Cono			Tubería	
	Aspas o Agitador				

Los instrumentos rotacionales son utilizados generalmente para investigar la tixotropía (fenómeno que se caracteriza por un derrumbamiento estructural, por agitación, seguido de una recuperación de la estructura rígida cuando el sistema se deja en reposo absoluto durante algún tiempo) mientras que los sistemas tubulares solamente permiten el flujo del material en una sola dirección a través del aparato (Henández, 2013).

Los conceptos principales, desde la perspectiva que la reología es el estudio de la deformación de los materiales, con los cuales se logra un mejor entendimiento de los estudios reológicos son:

a) Tasa de corte (τ): gradiente de velocidad descrito por un fluido como resultado de la aplicación de un esfuerzo cortante, expresado en segundos recíprocos (s^{-1}).

b) Esfuerzo cortante: esfuerzo aplicado tangencialmente, es igual a la fuerza dividida por el área en la cual se aplica y es expresado en unidades de fuerza por unidad de área (Pa) (Rao, 1999).

c) Elasticidad: propiedad de los materiales que al deformarse cuando se aplica un esfuerzo en cierta extensión, recuperan inmediatamente su forma original una vez que el esfuerzo ya no se está ejerciendo (Rosenthal, 2001).

d) Viscosidad: se describe como la propiedad de un fluido, de presentar una oposición a la deformación tangencial, debido a las fuerzas de cohesión moleculares (Rivas, 2014). Existen diferentes clasificaciones de la viscosidad, a continuación se describen (Ramírez, 2006):

Viscosidad dinámica o absoluta (μ): esfuerzo cortante frente a la velocidad de deformación.

Viscosidad aparente (η): definida como el coeficiente entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación, término utilizado para los fluidos no newtonianos.

En la Figura 5 se puede apreciar la diferencia entre la viscosidad dinámica y la aparente:

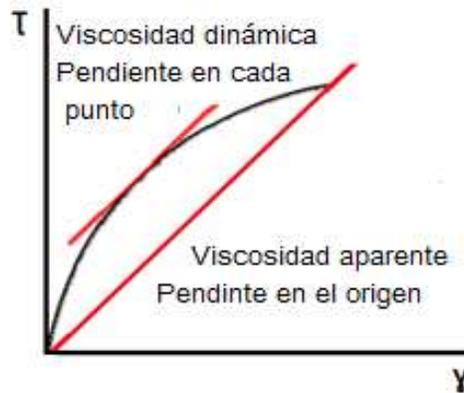


Figura 5. Curva de fluidez para representar la viscosidad dinámica y aparente.

Donde τ es la tasa de corte, y γ es la velocidad de deformación.

e) Plasticidad: comportamiento de los fluidos, que se caracteriza por la existencia de un umbral por debajo del cual no hay deformación de un material de forma permanente.

1.7 Fluidos

En la naturaleza, existen diversas sustancias que se presentan principalmente en los tres estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso, estas se pueden diferenciar por su estructura molecular, por las fuerzas cohesivas intermoleculares, dicha característica permite separar las sustancias en solo dos grupos: Fluidos y sólidos.

Dentro de los fluidos se encuentran los gases y los líquidos, diferenciados a su vez por la propiedad de compresión, los gases presentan esta característica debido a que las moléculas que contienen, pueden aglutinarse o expandirse ocupando el espacio que disponen, en cambio, los sólidos no comparten esta propiedad sino que se requiere la presencia de una fuerza tangencial para sufrir una deformación elástica, que siendo continua alcanza el máximo límite elástico provocándose una deformación permanente o irreversible (Ramirez, 2006).

Por lo tanto podemos definir a un fluido como una sustancia, cuya masa tiene la capacidad para deformarse al recibir un efecto de fuerza tangencial lográndose así que las moléculas roten, por lo cual siguen la trayectoria del conducto o sobresalen del contenedor que las confina.

1.7.1. Clasificación de los fluidos

En términos generales, los fluidos se pueden clasificar de acuerdo a la relación que existe entre la viscosidad y la velocidad (Figura 6).



Figura 6. Clasificación de los fluidos con relación a la viscosidad

a) Fluido Newtoniano: sustancia que presenta poca resistencia o casi nula, en el que existe una proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación, observándose gráficamente desde el origen. En donde la viscosidad es una característica que dependerá de la condición del fluido.

b) Fluido no Newtoniano: depende del gradiente de velocidad, lo cual significa que su gráfico de tasa de corte-esfuerzo cortante no es lineal o no inicia en el origen o que el material presentando así un comportamiento reológico dependiente o independiente del tiempo. A su vez, se clasifican en:

En un material elástico ideal, toda la energía mecánica aplicada al material es almacenada en los enlaces deformados y es regresada como energía mecánica una vez que la fuerza es removida (no hay pérdida de energía mecánica). Por otro lado, en un líquido ideal toda la energía mecánica aplicada al material es disipada debido a la fricción (la energía mecánica es convertida en calor). En un material viscoelástico, parte de la energía es almacenada por el material como energía mecánica y parte de la energía es disipada. Por esta razón cuando a un material viscoelástico se le aplica una fuerza, este no adopta inmediatamente sus nuevas dimensiones ni tampoco regresa instantáneamente a su estado original cuando la fuerza es removida (Figura 8); algunos materiales pueden permanecer deformados permanentemente aún una vez que la fuerza ha sido retirada (McClemens, 1999).

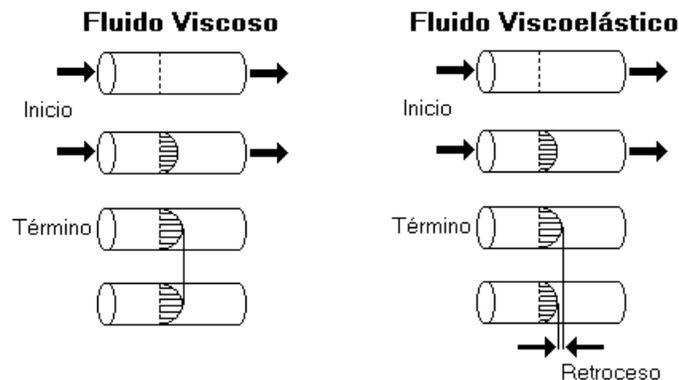


Figura 8. Comparación entre un fluido viscoso y uno viscoelástico

Los métodos para determinar las funciones viscoelásticas de un material pueden ser divididas en dos categorías principales: métodos estáticos y métodos dinámicos. Los primeros involucran la relajación del esfuerzo y la relajación del esfuerzo con la deformación a un tiempo determinado (Flujo reptante) y los últimos aplican un esfuerzo cortante oscilatorio (Steffe, 1992). Las propiedades reológicas de un material viscoelástico aplicando pruebas dinámicas son caracterizadas por (Rao, 1999):

- a) **Módulo de Almacenamiento (G'):** Expresa la magnitud de la energía que es almacenada en el material o es recuperable por ciclo de deformación.

b) Módulo de Pérdida (G''): Medida de la energía que se pierde por medio de la disipación viscosa por ciclo de deformación.

Por todo lo anterior, para un sólido perfectamente elástico, toda la energía es almacenada; esto es, G'' es cero y la deformación estará en fase (Figura 9). En contraste, para un líquido con propiedades no elásticas, toda la energía es disipada como calor; esto es, G' es cero y el esfuerzo y la deformación estarán desfasados por 90° (Rao, 1999).

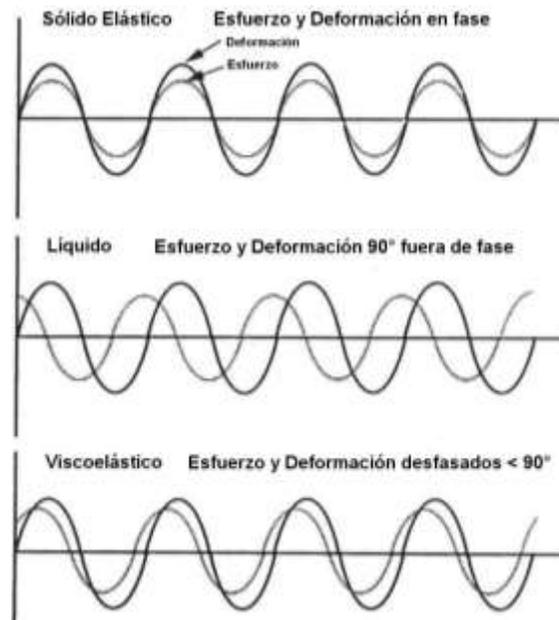


Figura 9. Respuesta de un material ante una fuerza aplicada

Sin embargo, en producción, la calidad de los fluidos a menudo, se ensaya simplemente mediante estrujamiento o golpeándolo con el dedo. Estas simples técnicas subjetivas proporcionan información necesaria, especialmente para personas con experiencia.

En la evaluación sensorial siempre se percibe una combinación de parámetros reológicos. Las correlaciones sensoriales-mecánicas pueden tener lugar cuando una medida es mucho más sensible que la otra y/o cuando una responde a atributos (por ejemplo sensoriales) múltiples del producto, mientras que otra registra una

dimensión simple (por ejemplo propiedades mecánicas) (Muñoz, Prangborn y Noble, 2004).

1.8 Análisis Sensorial

El color de los alimentos, es uno de los principales atributos que indica la calidad de los alimentos, por ende el consumidor tiende a guiarse por este cuando determina la apariencia de un producto, y por tanto va a condicionar su aceptabilidad, por lo tanto una apariencia natural siempre será evaluada positivamente, mientras que ante un color extraño o inesperado el consumidor suele interpretarlo en términos de deterioro o manipulación inadecuada de las frutas y vegetales. Además de que está correlacionado directamente a otras características sensoriales como el olor y el sabor.

Existen estudios que demuestran interacciones cruzadas entre la percepción del color y otros sentidos, y que intervienen en la aceptabilidad de los alimentos color-gusto, color-olor, color-sabor (Mínguez, Pérez, Gálvaez y Hornero, 2005).

Cuando se come un alimento, se percibe una variedad de características diferentes relacionadas con la apariencia, aroma, y textura del alimento.

Por lo que se ha desarrollado la evaluación sensorial de los alimentos, que se puede definir con el término frecuentemente de degustación. Para lo cual se han desarrollado diversas herramientas que definirán las propiedades de un producto o alimento.

Los seres humanos utilizan toda una variedad de sentidos en la percepción de la calidad del alimento, los sentidos visuales son de particular importancia debido a que generará la primera impresión, mismo que si crea un impacto negativo, al instante los sentidos restantes también reaccionan de la misma manera.

El sentido visual a menudo es identificado con el color pero proporciona más atributos, es decir puede proporcionar una previsión temprana y firme de las

propiedades de aroma y textura de los alimentos. El sentido del gusto se define de modo escrito como la respuesta de la lengua a las sensaciones básicas gustativas: salado, dulce, agrio y amargo.

Los estímulos gustativos se caracterizan en relativamente un estrecho intervalo entre los estimulantes más débiles y los más fuertes están fuertemente influenciados por factores tales como la temperatura y el pH. Mientras tanto las circunstancias que contribuirán a la percepción de la textura se muestran en la siguiente Figura (Rosenthal, 2001):

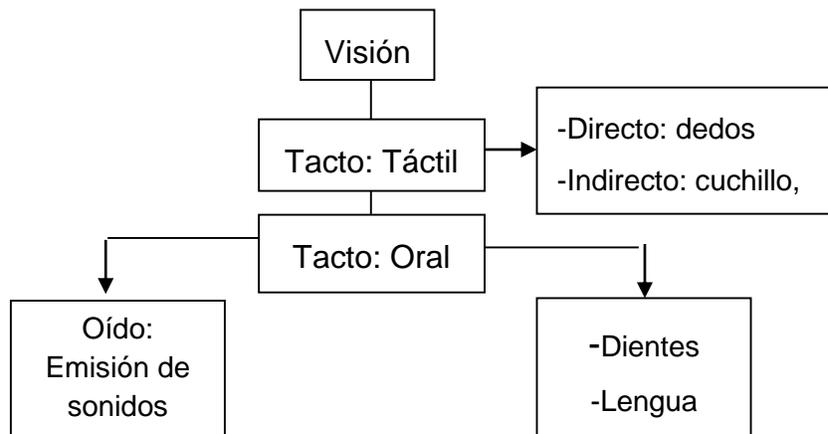
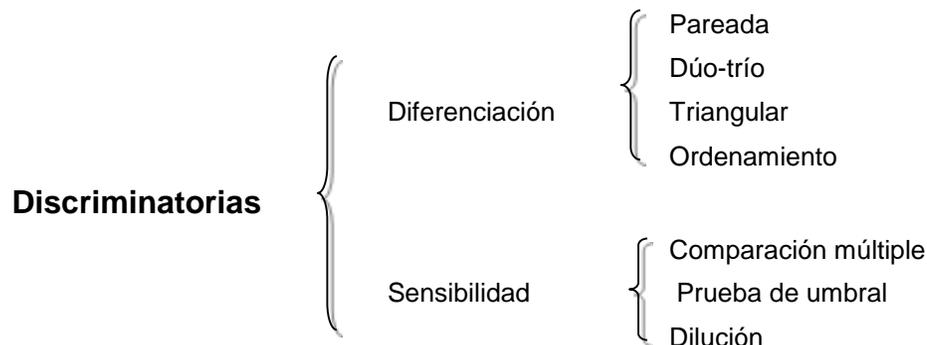


Figura 10. Diagrama esquemático de los procesos que conducen a la percepción de la textura

Con relación a las pruebas que pueden ser utilizadas para evaluar las propiedades de los alimentos, la mayoría de los autores coinciden en que estas se dividen en dos grupos:

- Pruebas analíticas



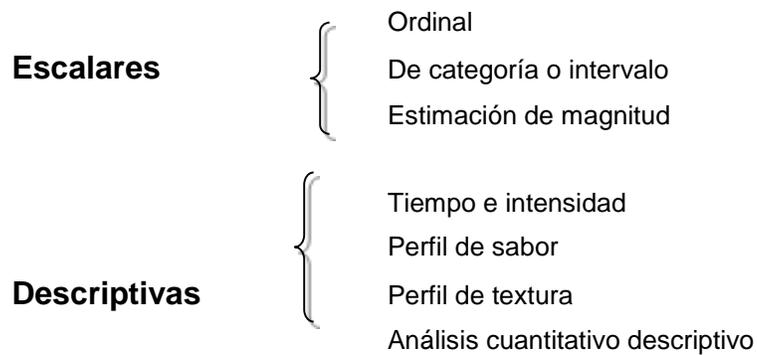


Figura 11. Clasificación de las pruebas analíticas sensoriales.

• Pruebas afectivas.

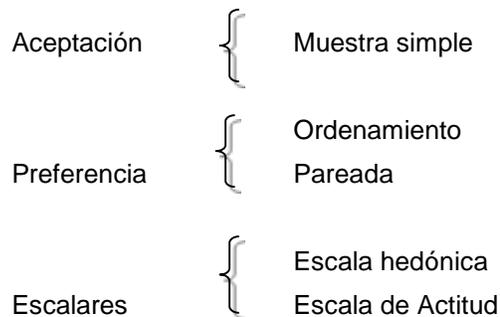


Figura12. Clasificación de las pruebas afectivas sensoriales

La prueba empleada será referente a lo que se quiera conocer del alimento, en la que es necesario que los jueces entiendan la necesidad de efectuar la misma de la manera más objetiva posible y así mismo demuestren su capacidad para seguir las instrucciones y ejecuten la misma de manera correcta.

1.8.1 Prueba de perfil de textura.

La prueba de perfil de textura se basa en el reconocimiento de la textura como una propiedad multiparamétrica y en la clasificación de algunas de sus características, para lo cual se ha desarrollado en dos direcciones principales:

- Análisis sensorial, con los métodos de perfil sensorial
- Análisis instrumental, con el perfil de textura

1.8.1.1 Perfil sensorial (de sabor)

A través de él se definen el orden de aparición de cada atributo, grado de intensidad de cada uno de ellos, sabor residual y amplitud o impresión general del sabor y el olor por lo que permite obtener un cuadro sensorial completo de todos los componentes del aroma y sabor del alimento estudiado.

Se aplica entonces para desarrollar y mejorar sabores en los productos alimenticios para hacerlos más agradables y también se emplea esta prueba para detectar olores desagradables (Sancho, 2002).

La escala para el análisis de sabor es:

- Aroma percibido: gusto, sabor, factores sensibles como frío, calor, picante,
- Escala del grado de intensidad: 0 Ausencia total, 1 Casi imperceptible, 2 Ligera, 3 Media, 4 Alta, 5 Extrema.
- Sabor residual: son aquellos que quedan después de deglutir el producto: astringente, seco, metálico.

Los resultados que se obtienen al efectuar la prueba se procesan estadísticamente y además se representan gráficamente mediante líneas que representan los términos descritos. Dichas líneas se colocan simétricamente separadas y la extensión de cada una se corresponde con la escala de intensidad utilizada (Espinosa, 2007).

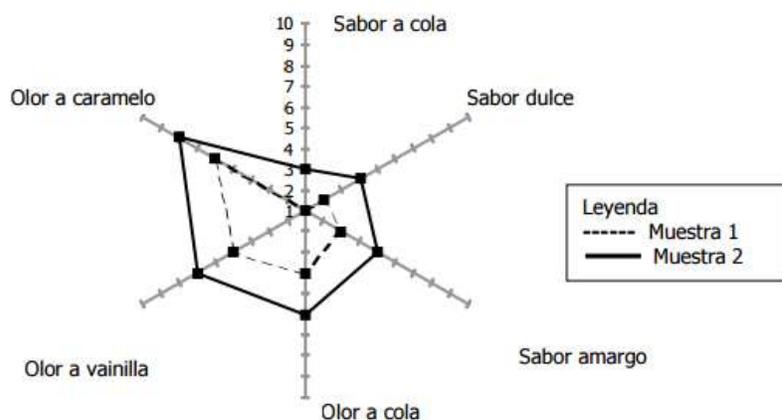


Figura 13. Representación gráfica de un perfil de sabor

1.8.1.2 Perfil de textura

El perfil de textura consiste en que los panelistas realicen un análisis descriptivo de cada uno de los componentes, determinando los más representativos hasta percibir los componentes con menor intensidad de un producto o alimento.

Los atributos que pueden ser calificados y se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Propiedades mecánicas: Relativas a la reacción del alimento ante un esfuerzo, se subdividen parámetros primarios (Dureza, cohesividad, viscosidad, elasticidad y adhesividad) y secundarios (Fracturabilidad, masticabilidad y gomosidad)

- Propiedades geométricas. Son percibidas por receptores táctiles pero también pueden ser detectados en la boca y garganta y son discernibles a través de la apariencia del producto. Se relacionan con: forma y tamaño de las partículas (granuloso, grumoso, arenoso, perlado y pulverizado), forma y orientación de las partículas (escamoso, fibroso, pulposo, aerado y laminar) y con las propiedades relativas a la sensación que se produce por la presencia de humedad y grasa de un alimento (Espinosa, 2007).

II. JUSTIFICACIÓN

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, hablar de nutrición, es una tendencia basada en la importancia de los hábitos de vida diarios, donde la elección de alimentos ya no solo se basa en la composición nutricional de los mismos sino también en sus propiedades, algunas de ellas asociadas a la búsqueda de un estilo de vida saludable, lo que ha generado cambios constantes en lo que comemos y comeremos a futuro.

Los alimentos actualmente demandados son denominados alimentos funcionales o nutracéuticos que han sido definidos como “cualquier alimento o ingrediente del mismo que proporcione un beneficio probado a la salud humana”. De la misma manera, existe también la preferencia a elegir productos que no requieran invertir mucho tiempo en su preparación, así mismo los alimentos bajos en calorías especialmente en azúcares y grasas. Lo que induce al desarrollo de productos que ayuden al cuidado de la salud, previniendo enfermedades, mejorando el funcionamiento del cuerpo, evitando el envejecimiento y sean más naturales.

En los últimos años el consumo de untables como aperitivos, se reduce a la incorporación de mantequillas y margarinas en la dieta básica de la ingesta de la población Mexicana, siendo el ingrediente mayoritario grasas de tipo vegetal y/o animal. En ocasiones los untables están elaborados a base de grasas hidrogenadas, las cuales son ricas en ácidos grasos trans y que su consumo conlleva al riesgo de presentar enfermedades de aterosclerosis. También pueden considerarse como untables: las mermeladas, el mousse, natillas, elaborados con azúcares o sustitutos de azucares que potencian el riesgo de presentar enfermedades como diabetes, si estos se consumen en altas cantidades.

La probable sustitución de grasas ricas en ácidos grasos trans por hidrocoloides como la carboximetilcelulosa y pectina en la formulación untables se plantea como un reto para obtener un producto con buenas características fisicoquímicas, reológicas, nutrimentales (al incluir pigmentos de origen natural), sensoriales y funcionales.

III. HIPÓTESIS

HIPÓTESIS

Los untables naturales obtenidos, presentarán características fisicoquímicas, reológicas y sensoriales aceptables para el consumidor.

Los pigmentos contenidos en los untables, serán protegidos por los hidrocoloides adicionados.

IV. OBJETIVOS

OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar un untable a partir de jugo natural proveniente de betabel y zanahoria, incluyendo hidrocoloides; que presenten características fisicoquímicas, reológicas, y sensoriales aceptables para el consumidor.

Objetivos Específicos

-Desarrollar la formulación de dos untables naturales conteniendo pigmentos de betabel y zanahoria utilizando hidrocoloides.

-Evaluar las propiedades reológicas de los untables obtenidos.

-Determinar la concentración de β -caroteno y betanina a las diferentes condiciones de almacenamiento (temperatura, tiempo)

-Evaluar las características sensoriales de los untables mediante un perfil de textura y sabor.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

El betabel y la zanahoria fueron obtenidas en un centro comercial en Toluca, las cuales cumplían con los criterios de madurez de cosecha, presentando buena calidad. Los frutos eran lisos y firmes, con forma, tamaño y color de la piel uniforme, no presentaban daños físicos. La especie de betabel fue *Beta vulgaris* L., mientras que la de zanahoria fue *Daucus carota*. Las hortalizas se mantuvieron en refrigeración hasta el momento de su utilización.

Los hidrocoloides utilizados para la formulación de los untables fueron:

- Colágeno (C): desarrollado específicamente para dar mayor eficiencia en las pruebas de células de la piel humana. Es adecuado para el enriquecimiento de proteínas en aplicaciones de alimentos funcionales líquidos y sólidos.
- Carboximetilcelulosa sódica de grado alimenticio (CMC): polvo inodoro, de color blanco a crema. No hay diferencia si se solubiliza en caliente o frío, dando lugar a soluciones coloidales.
- Pectina cítrica (P) 150 grados SAG (alto metoxilo): polvo fino, de color amarillento, prácticamente inodoro.

Los aditivos utilizados fueron: azúcar (A) y ácido cítrico (AC). Todos ellos fueron proporcionados por la Empresa Gelita S.A de C.V. Cuyo proveedor de los materiales es Drogueria Cosmopolitan, a excepción del colágeno el cual proviene de Gelita Alemania.

Los pigmentos (Betanina y β -caroteno) utilizados para la elaboración de las curva de calibración fueron obtenidos con proveedor Sigma Aldrich, Co. MO, USA, con una pureza del 99.9%.

5.2. Métodos

5.2.1 Extracción de jugo de betabel y zanahoria

Los frutos fueron lavados con abundante agua, desinfectados con hipoclorito de sodio (10ppm) y secadas sobre papel absorbente estéril, posteriormente fueron cortados en trozos pequeños.

El jugo de zanahoria y betabel fue obtenido por extracción, con el uso de un extractor doméstico (Moulinex XXL), para su posterior incorporación en la mezcla de hidrocoloides de la formulación de los untables naturales. A los jugos obtenidos se les determinó grados Brix, pH, y se cuantificó el contenido de pigmentos.

5.2.1.1 Determinación del contenido de betanina y β -caroteno en jugo de betabel y zanahoria.

Para la determinación de betanina se tomaron $0.5 \text{ ml} \pm 0.001 \text{ ml}$ de cada untable en un tubo de ensayo de plástico para centrifuga con capacidad de 15 mL. Posteriormente se adicionaron 13 mL de una disolución agua/acetona (70:30 v/v) para la determinación de β -caroteno, mientras que para la determinación de betanina únicamente se utilizaron 13 mL de agua destilada. Posteriormente, cada muestra se agitó en un vortex por 3 minutos a velocidad de 5200 rpm. Una vez totalmente disuelto el untable, se tomaron 3mL de cada solución, para la determinación de β -caroteno a una longitud de onda de 470 nm y para la de betanina a 530 nm respectivamente, en un espectrofotómetro UV-Visible (Velab). Las determinaciones se realizaron por triplicado y la lectura de la absorbancia obtenida se utilizó para calcular la concentración de β -carotenos y betaninas y se ajustaron a una curva de calibración respectivamente para la obtención del contenido en mg del pigmento correspondiente (anexo 1 y 2).

- **Curva de calibración betanina**

Las curvas se realizaron llevándose a cabo las diluciones pertinentes. Para la determinación de β -caroteno se tomaron las mediciones de absorbancia a una longitud de onda de 470 nm y para la de betanina a 530 nm respectivamente, en un espectrofotómetro UV-Visible (Velab), usando como diluyentes agua destilada para el caso de la betanina y etanol-agua para la curva de β -caroteno.

5.2.1.3 Determinación de grados Brix en jugo de betabel y zanahoria

Para la determinación de grados brix se utilizó un refractómetro Portátil, Marca Brixco introduciendo dos gotas de los jugos después de ser extraídos. La evaluación se realizó por duplicado.

5.2.1.4 Determinación de pH en jugo de betabel y zanahoria

La determinación de pH se llevó a cabo en los jugos después de su extracción y durante su almacenamiento a las diferentes condiciones de temperatura (5, 25 y 35°C) cada tercer día durante un mes a cada tratamiento, utilizando un potenciómetro de la marca Conductronic, con un electrodo de la marca Sensorex, tipo S200C/BNC.

5.2.2 Elaboración de untables

Se formularon cuatro tipos de untables: untables naturales con la adición de jugo de zanahoria y betabel, la adición de hidrocoloides (CH, CMC, P, A, AC), y untables con y sin adición de benzoato de sodio como conservador. Es decir:

Untable zanahoria (CH, CMC, P, A, AC)	{	-Con conservador (Benzoato de sodio)
	}	-Sin conservador

Untable betabel (CH, CMC, P, A, AC)	{	-Con conservador (Benzoato de sodio)
	}	- Sin conservador

5.2.2.1 Formulaciones preliminares

En las pruebas preliminares se desarrollaron diversas formulaciones, cuya base inicial es la elaboración de una jalea de acuerdo a la Norma CODEX STAN 296-2009, cuyos ingredientes básicos se muestran en el Anexo 5.

De acuerdo a los ingredientes establecidos por la norma y por el método tradicional de elaboración de una jalea, se utilizaron como materia prima: Jugo de zanahoria o betabel (cuya extracción se menciona en el punto 5.2.1), Azúcar morena, pectina y ácido cítrico.

Para ello se hicieron varias formulaciones, con el fin de seleccionar la concentración de ingredientes que se incluirían en la formulación base y los cuales permitirían obtener el producto deseado, adicionando los hidrocoloides en etapas posteriores.

En ésta etapa no se efectuaron repeticiones ya que las variaciones tuvieron solo un carácter descriptivo para seleccionar las mejores cantidades en materias primas a utilizar.

Tabla 4. Variación de concentración en ingredientes para obtención de formula base para la adición posterior de hidrocoloides

Ingrediente	(%)						Observaciones
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	
Jugo	66.6	67.1	67.6	68.1	68.6	69.1	Se realizó la variación en la cantidad de azúcar, optando por la formulación 5 de acuerdo a criterios sensoriales más aceptables por un panel sensorial entrenado.
Azúcar	31.4	30.9	30.4	29.9	29.4	28.9	
Pectina cítrica	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
Ácido cítrico	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	

A partir de la formulación 5 (F5), se elaboraron formulaciones con diferentes concentraciones de 3 tipos de hidrocoloides; goma xantana, carboximetilcelulosa y goma guar, además de la adición de colágeno, cuyo ingrediente le proporciona un valor agregado al producto, debido a sus características espesantes y benéficas para el consumo humano. La cantidad de colágeno adicionada en la formulación base del unttable se calculó de acuerdo a la dosis requerida por los consumidores.

El objetivo de variar la concentración de hidrocoloides en las formulaciones, fue el de elegir la que se adecuara de mejor forma al producto que se deseaba obtener, considerando que si se realizaban combinaciones de hidrocoloides entre estos o con otros ingredientes, se lograría obtener una gama amplia de agentes de textura y donde la selección de los componentes de dicha mezcla son claves para la obtención de la viscosidad y elasticidad deseada en los unttables.

Como lo menciona Ruiz (2007), el uso de mezclas de hidrocoloides es una práctica general que presenta numerosas ventajas tanto desde el punto de vista comercial como industrial ya que pueden elaborarse formulaciones específicas dirigidas a diferentes condiciones de uso.

La funcionalidad deseada de los hidrocoloides se logra generalmente en concentraciones menores o iguales al 2%, debido a que muchos de estos presentan una capacidad limitada de dispersión (Fennema, 2003). Dicho argumento se ve reflejado en la formulación final que se presenta en la Tabla 5, en la cual los hidrocoloides se utilizaron en una concentración inferior al 2%, obteniendo así las características deseadas del producto.

Para cada tratamiento de ésta etapa se elaboraron 100 gramos de producto, siguiendo diagrama de flujo que se visualiza en el Anexo 6, añadiendo en la mezcla de pectina y azúcar el hidrocoloide o mezcla de ellos.

5.2.2.2 Formulación final

Los mejores prototipos, fueron sometidos a una evaluación sensorial, donde el panel conformado por personal experto del área de Innovación y servicio técnico de la empresa Gelita, evaluaron los untables mediante un análisis sensorial descriptivo (Anexo 3). Los atributos evaluados fueron: color, textura, untabilidad, sabor, además de una prueba de aceptación general; todo ello con el fin de seleccionar las formulaciones con las mejores características texturales al aplicar diferentes tipos de hidrocoloides.

La formulación final obtenida y con la cual se realizaron los untables naturales, adicionados con el jugo de betabel y zanahoria fue la siguiente:

Tabla 5. Formulación de los untables naturales adicionado con jugo de betabel o zanahoria

Ingredientes	%
Jugo (betabel / zanahoria)	56.1
Azúcar	36.3
Colágeno	5
Ácido	1.2
CMC	1
Pectina	0.8

Como se detalla en el Cuadro 5, la formulación del untable contiene el 56% de jugo de betabel o zanahoria, al cual se le adicionaron los hidrocoloides, que al ser químicamente moléculas muy grandes (macromoléculas) tienen una gran afinidad por el agua, se disuelven mejor que en medios hidrófobos y por lo tanto incrementa la viscosidad del medio acuoso, cuya propiedad física es favorable para obtener el producto deseado.

Con la elaboración del untable como se describe anteriormente, se observó que las características fisicoquímicas no se veían favorecidas por las siguientes razones:

1. **Calentamiento** que se requiere durante el proceso ya que al ser pigmentos de origen natural al someterse a un calentamiento se vuelven mucho más lábiles, y es de gran importancia su conservación, ya que su pérdida, además de producir cambios de color en el alimento, conlleva una disminución de su valor nutritivo, razones por lo cual se realizaron cambios en el proceso eliminando el calentamiento, adicionando el jugo a la mezcla de polvos homogeneizando mediante una agitación manual. El proceso final se observa en la siguiente Figura:

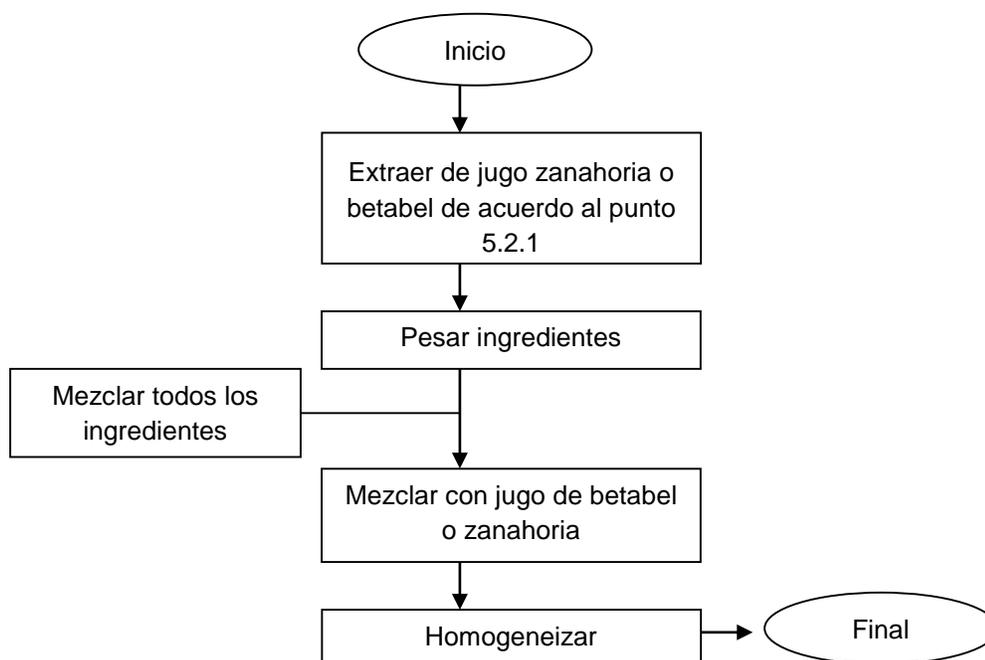


Figura 14. Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de untable de zanahoria o betabel

2. **Vida de anaquel** sin la adición de un conservador se ve afectada, por lo cual se determina la utilización de un conservador, que de acuerdo a norma CODEX STAN 296-2009 pueden ser utilizados benzoatos y sorbatos,

optando por el benzoato de Sodio, llevándose a cabo las variaciones en la concentración de este, en la que no se vea afectado en la formulación final el sabor ni la acidez. La dosis permitida para confituras, jaleas y mermeladas que menciona el codex alimentarius es de 1.000 mg/kg, lo equivalente al 0.1 % en producto terminado. Con la adición del conservador de igual manera que para la selección de los hidrocoloides a utilizar, las formulaciones las evaluó el panel antes mencionado, cuyo resultado que no presentó una modificación notable es a una concentración de 0.05% en producto terminado de benzoato de sodio. Aunque el estudio está basado en la comparación de untables con adición de conservador y sin la adición de este.

Finalmente se determinó el pH y actividad de agua (a_w) descritos en el apartado 5.2.4.1.

5.2.3 Determinación del contenido de betanina y β -caroteno en los untables

Las determinaciones se realizaron, con el método usado para los jugos descrito en el punto 5.2.1.1, sustituyendo el jugo por los untables, considerando una muestra de $.5 \text{ g} \pm 0.001 \text{ g}$. La lectura de la absorbancia obtenida se utilizó para calcular la concentración de β -carotenos y betaninas que se ajustaron la curva de calibración descrita de cada pigmento. La corrección de la absorbancia por la interferencia de los hidrocoloides se realizó con una muestra blanco, que contenía la mezcla de hidrocoloides y aditivos sin la adición de los jugos naturales correspondientes.

5.2. 4 Evaluación de propiedades fisicoquímicas en los untables naturales

5.2.4.1 Determinación del pH y actividad de agua

La determinación de pH se llevó a cabo en los untables frescos y en los almacenados a las diferentes condiciones de temperatura (5, 25 y 35°C) cada tercer día durante un mes a cada tratamiento, utilizando un potenciómetro de la marca Conductronic, con un electrodo de la marca Sensorex, tipo S200C/BNC.

Para la determinación de la actividad de agua (a_w) se utilizó el equipo HBDS-MS2100WA, introduciendo 1g de muestra para cada tratamiento. La evaluación se realizó por duplicado.

5.2.5 Cinéticas de conservación de pigmentos en almacenamiento de los untables

Se analizaron un total de 12 muestras de untables naturales (6 muestras conteniendo jugo de betabel con y sin conservador almacenados a 5, 25 y 35 °C y 6 con jugo de zanahoria a las mismas condiciones de almacenamiento), con la finalidad de evaluar la concentración de pigmentos contenidos en los mismos durante su almacenamiento por un mes, cada tercer día. El porcentaje de conservación de los pigmentos contenidos en los untables se determinó mediante espectrofotometría, de acuerdo a lo descrito en el apartado 5.2.3.

5.2.6 Determinación de las propiedades reológicas de los untables naturales

La viscosidad aparente de las muestras se determinó variando la velocidad de cizalla 0,0001 a 1,000 s⁻¹ así como los correspondientes esfuerzos de corte. Se llevaron a cabo determinaciones oscilatorias dinámicas de las muestras de untables utilizando un Reómetro Kinexus Pro (Malvern Instruments, Ltd, Worcestershire, UK), con una geometría cono-plato, en la que el cono de rotación es de 50 mm de diámetro, y el ángulo de cono de 2°. Aproximadamente 1.25 mL de muestra se colocó cuidadosamente en el sistema de medición, y se dejó reposar durante 5 min a 25 °C para la recuperación de la estructura. Se llevaron a cabo barridos de amplitud en el intervalo de deformación de 0.001-1000% a 25 °C. El módulo de almacenamiento (G') y el módulo de pérdida (G'') se obtuvieron con ayuda del software del equipo en todos los casos. Cada análisis se realizó por triplicado.

5.2.7 Análisis sensorial de los untables

Con los untables naturales frescos, se realizó un análisis sensorial a 20 jueces entrenados, cuyo objetivo fue determinar la percepción de los untables de zanahoria y betabel.

Dulce, ácido, astringencia, olor, sabor, intensidad de color, amargor y apariencia visual fueron los atributos evaluados para el perfil de sabor y para el perfil de textura viscosidad, gomosidad, textura, dureza cohesividad y adhesividad. (Anexo 4)

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Parámetros fisicoquímicos en el jugo de betabel y zanahoria y concentración de Betanina y β -caroteno.

En la Tabla 6 se encuentran los datos obtenidos del jugo extraído de betabel y zanahoria, estos aún sin la adición de hidrocoloides. El valor de pH es ligeramente ácido, y es similar al reportado por Franco-Zabaleta (2007) de 5.8 para betabel y aproximadamente 6.0 para zanahoria (Zhang, Chen y Millet, 2015). Dichos pH naturales exponen el producto a un alto riesgo de contaminación bacteriana (Park, 2002).

De la misma manera, el jugo de betabel presentó visualmente la tonalidad roja que lo caracteriza, y el jugo de zanahoria tonalidad naranja.

Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas del jugo de betabel y zanahoria

Parámetro	Sin conservador		Con conservador	
	Valor		Valor	
	Zanahoria	Betabel	Zanahoria	Betabel
Concentración (mg Betanina o β-caroteno)	264.35	817.8	264.35	817.8
pH	6.44	6.50	6.48	6.53
Sólidos solubles totales ($^{\circ}$Brix)	10	15.4 \pm 0.30	10	15.4 \pm 0.30

6.2. Estudio de estabilidad de Betanina y β -caroteno en almacenamiento.

La betanina al igual que el β -caroteno son uno de los principales pigmentos presentes en el jugo de betabel y zanahoria respectivamente, razón por la cual se tomó este como un parámetro de monitoreo en estudios de estabilidad.

La concentración del jugo de betanina al tiempo inicial antes del almacenamiento, fue de 817.8 mg de Betanina/mL de jugo y 264.35 mg de β -cartoteno/mL de jugo.

De los resultados obtenidos se puede observar en la Figura 15 y 16, que para la temperatura de vida acelerada (35°C) la conservación de los pigmentos fue menor en todos los casos, con respecto a las otras dos temperaturas, mientras que la temperatura más baja (5°C) fue la que preservó mejor este pigmento, que incluso se pudo cuantificar después de 8 días de almacenamiento. Esto es debido a que los pigmentos contenidos en frutos y vegetales son altamente sensibles a la temperatura y a la presencia de luz, por lo tanto el tiempo de conservación es corto, razón por la cual al adicionar una mezcla de hidrocoloides, estos pigmentos retardan su degradación.

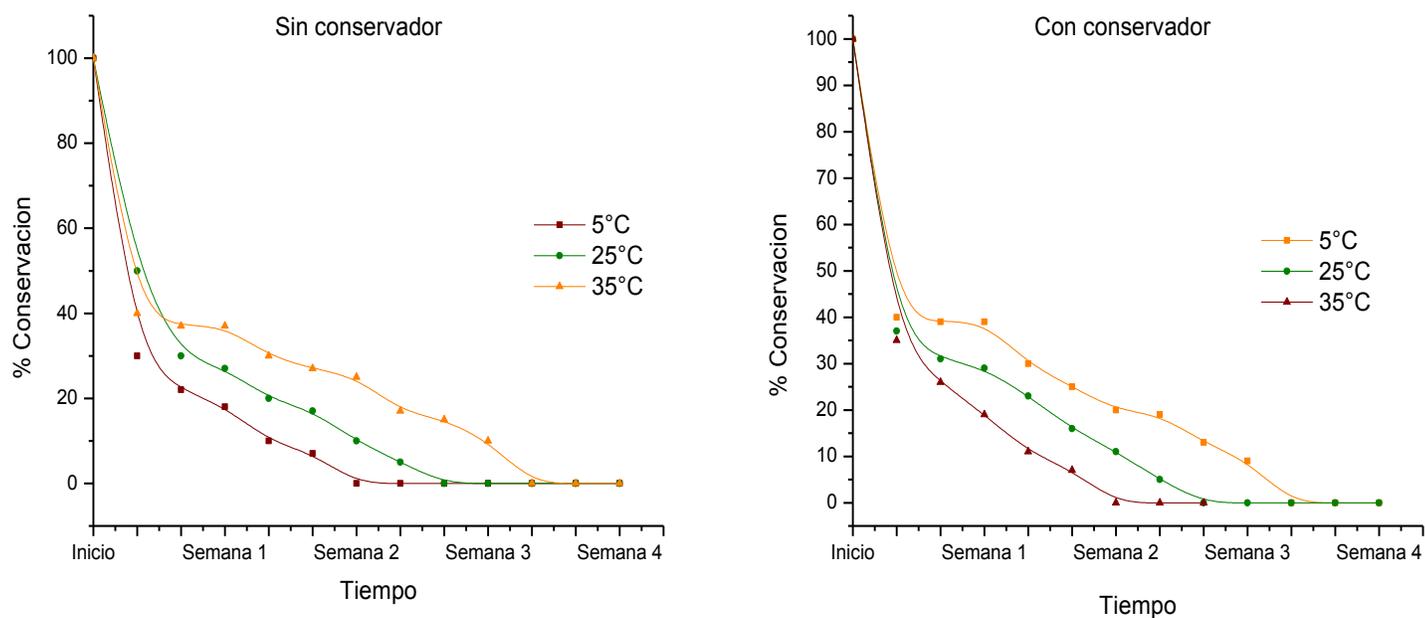


Figura 17. Porcentaje de conservación de β -carotenos en jugo de zanahoria con y sin conservador

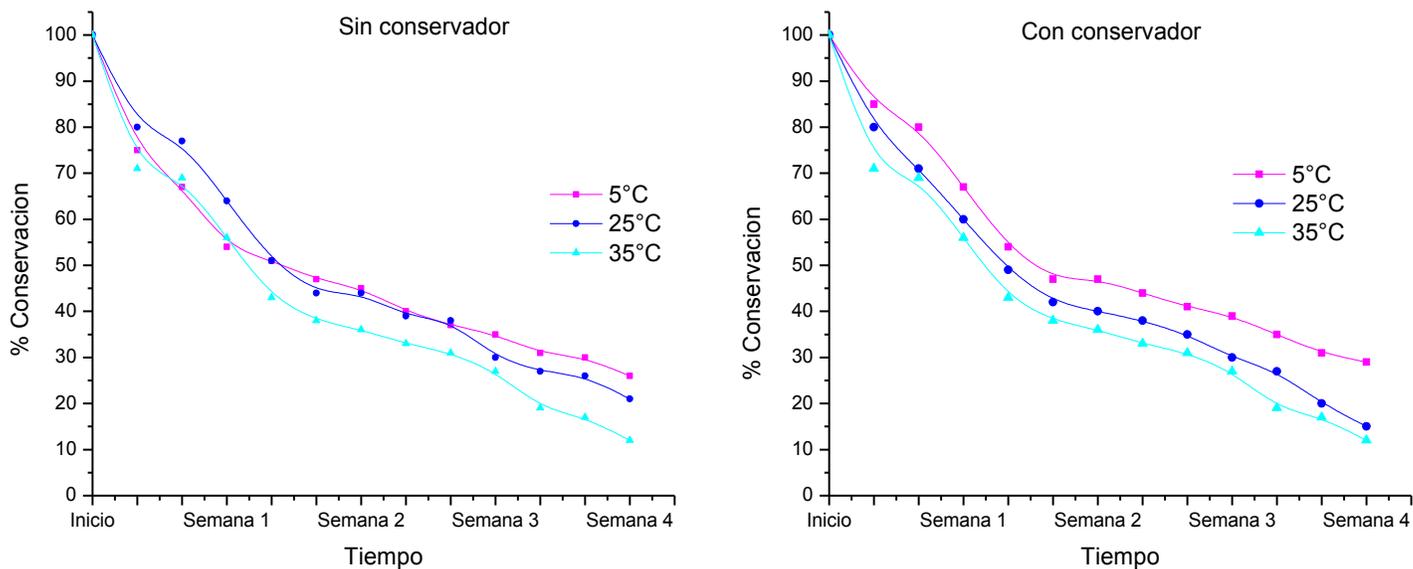


Figura 18. Porcentaje de conservación de betanina en jugo de betabel con y sin conservador

6.3 Evaluación de propiedades fisicoquímicas en los untables de zanahoria y betabel

Las características fisicoquímicas iniciales se muestran en el siguiente Cuadro

Tabla 7. Valores de pH y a_w de untables

Untable	a_w	pH
Betabel con conservador	0.874	3.77
Betabel sin conservador	0.877	3.73
Zanahoria con conservador	0.901	3.86
Zanahoria sin conservador	0.903	3.78

Como se puede observar en la Tabla 7, existe una diferencia en el pH entre los untables con y sin conservador, siguiendo la misma tendencia en los dos sabores.

Los untables conteniendo el conservador tienden a ser ligeramente más ácidos, así mismo se observa que existe una mayor cantidad de agua disponible que podría actuar químicamente con otras sustancias y ocasionar un crecimiento microbiano, dicho parámetro es indicativo de la velocidad de deterioro, de las propiedades físicas, tales como la textura, color, el sabor, la consistencia y el aroma en los untables.

6.4 Efecto del pH y la temperatura de almacenamiento en los untables

En el Anexo 7 y 8, se puede observar que existe un cambio importante en el pH de los untables, que varía de acuerdo a la temperatura a la que fue almacenado el producto. Los resultados obtenidos muestran que el efecto a temperatura de 35°C fue poco favorable para su almacenamiento, en las dos condiciones (con y sin conservador), seguido del tratamiento a 25°C, mientras que el almacenamiento de los untables a 5°C fue el más favorable.

A temperaturas de 25 y 35°C el comportamiento del pH en los untables, tienen una tendencia similar. El pH tiende a ser menos ácido en la primera semana de almacenamiento para todos los untables comparado con el pH inicial determinado, posteriormente, existe un decaimiento constante tendiendo a un pH final más ácido.

En los untables que no contenían conservador se formó CO₂, el cual probablemente a comparación de los untables con conservador, es producido ya que el benzoato de sodio inhibe las enzimas que controlan el metabolismo del ácido acético (Adarme 2008), en el que las reacciones que predominan en la producción de este ácido conforma la producción de CO₂ (Zavaleta, n.d), condiciones que no desestabilizan de una manera significativa los pigmentos ya que los carotenos, son relativamente resistente a valores de pH extremos (Meléndez, 2004).

Haciendo la comparación con los untables de betabel con respecto a los de zanahoria, existe una tendencia más definida, en el que se puede observar en el Anexo 8, el pH tiende a disminuir, indicando que el medio se va haciendo más ácido, en el que principalmente se inhibe el desarrollo de bacterias.

El pH en los untables con el tratamiento a 5°C como se muestra en la Figura 17, presenta una tendencia contraria a la presentada en las temperaturas de 25 y 35°C, independientemente del jugo agregado. Se puede observar que en los primeros días de almacenamiento, se tiene un comportamiento más ácido con una unidad de diferencia menor al pH inicial, en seguida se observa un cambio, en el que el pH incrementa una unidad, después de la semana dos el pH presenta una tendencia constante a ser más ácido, en cambio en los untables con conservador los cambios son menos drásticos, esto puede ser debido a que el medio se vuelve más resistente por la combinación de un método físico de conservación como lo es la refrigeración con el benzoato de sodio que actúa como conservador, por lo que la conservación de los untables se ve favorecida a dicha temperatura de almacenamiento, en el cual el benzoato de sodio realiza una importante acción conservadora gracias a su grado de acidez, frenando el crecimiento de microorganismos. Combinado con temperaturas de refrigeración, este grado de acidez permite conservar el alimento en buenas condiciones durante más tiempo (Chavarrías, 2013).

Finalmente el pH de todos los dos untables presentó valores entre 3.8 - 3.5, a temperatura de 5°C, el cual se encuentra muy próximo al pH de seguridad en la elaboración de estos productos. No obstante se consideran pH aptos en la elaboración de productos untables y mermeladas aquellos que se encuentren entre 3.25–3.75 esto garantiza la conservación del producto a nivel microbiológico impidiendo el crecimiento de microorganismos que alteren nuestro producto final (Coronado e Hilario, 2001).

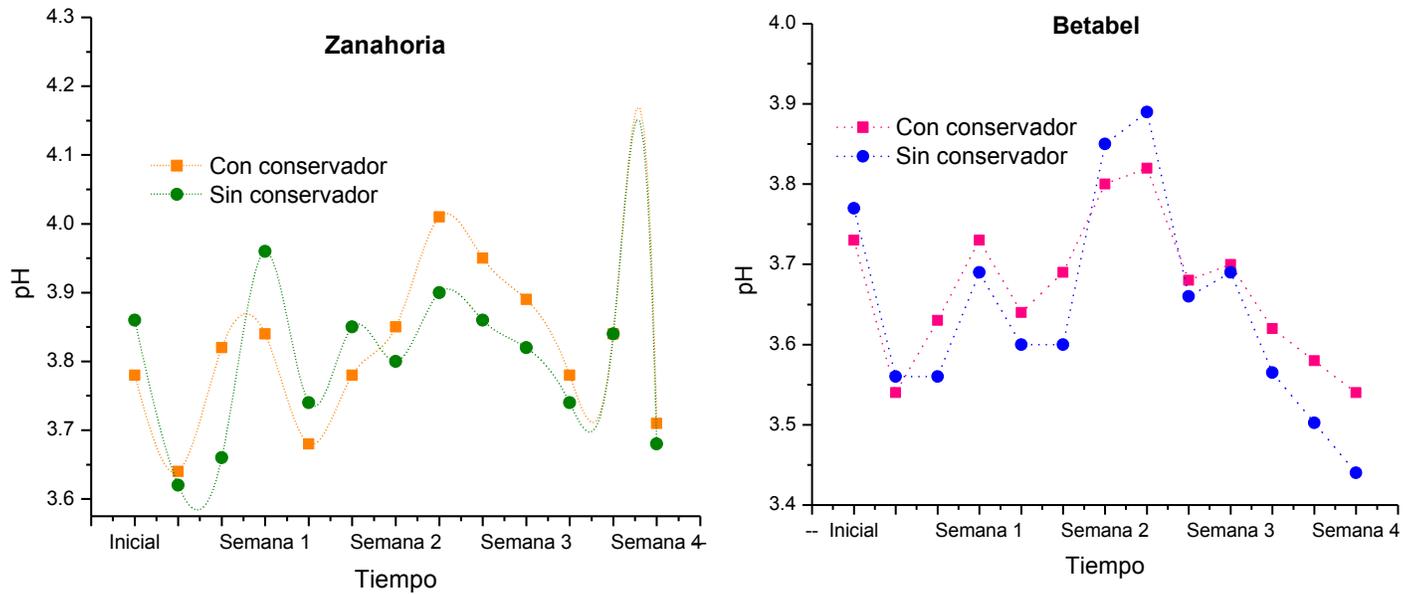


Figura 17. Influencia del pH en untable de zanahoria y betabel con y sin conservador almacenados a 5°C

6.5 Efecto de la actividad de agua (a_w) y la temperatura de almacenamiento en los untables:

La a_w es otro de los factores que influyen en la preservación del producto, en conjunto con la de los pigmentos presentes de los jugos adicionados. De la misma manera que para el pH, la temperatura de almacenamiento fue un factor que influyó en el comportamiento de la actividad de agua, como se observa en el Anexo 9 y 10. Durante las dos primeras semanas, no existe un cambio drástico de a_w , los cambios observables se presentaron después de la segunda semana de almacenamiento a temperaturas de 25 y 35°C, en el cual el valor de a_w tiende a 1, por lo que se puede decir que hay una mayor cantidad de agua disponible para llevar a cabo reacciones de deterioro bioquímicas y microbiológicas con mayor facilidad de los untables (Vázquez, 2007).

La diferencia en la tendencia del a_w se encuentra, al igual que en el pH, a los 5°C, como podemos visualizar en la Figura 18, el valor de la actividad de agua tiende a 1, sin llegar a este, de manera más lenta, las razones por las cuales la actividad de agua debe ser inferior a 1 en productos alimentarios son diversas, pero principalmente para la preservación del producto, se dice que el crecimiento bacteriano se detiene para una actividad inferior a 0.9, aunque las levaduras y mohos se inhiben si la actividad de agua está por debajo de 0.8.

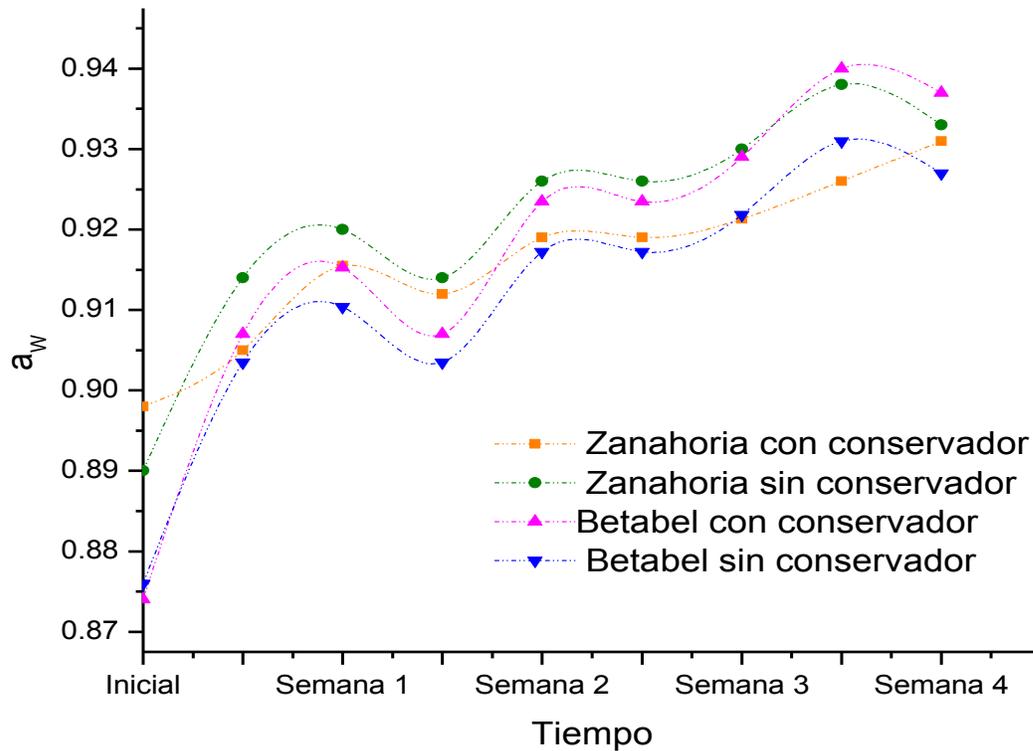


Figura 18. Actividad de agua en untable de zanahoria y betabel con y sin conservador, almacenados a 5°C

La temperatura óptima para el almacenamiento de los untables fue a 5°C, además de la adición del conservador, siendo la mejor opción para preservar las características fisicoquímicas del producto y retardar los fenómenos de degradación de los mismos.

6.6 Conservación de β -caroteno y betanina

En la Figura 18 y 19 se observa el porcentaje de conservación de los pigmentos contenidos en los untables a las diferentes temperaturas de almacenamiento, con la adición de conservador y sin conservador, en las que notablemente la temperatura es un factor que influye de distinta forma en los dos pigmentos.

En el untable de zanahoria sin conservador a una temperatura de 35°C se puede observar que durante la primera semana existe una mejor retención con respecto al untable almacenado a 25 y 5°C, esto puede ser debido a que la temperatura incentiva una hidratación de los hidrocoloides, lo cual permite un hinchamiento en los mismos (Sicha y Luck, 1992), y por consecuencia una mejor disposición de sus grupos funcionales, haciéndolos capaces de retener un mayor contenido de agua y a su vez de pigmentos, evitando que estos últimos tengan un contacto directo con los factores ambientales que propician su degradación.

En los días subsecuentes a la segunda semana de almacenamiento, la disminución en el porcentaje de conservación de pigmentos fue constante en las tres temperaturas, la cual presentó una tendencia lineal hasta alcanzar un porcentaje aproximadamente del 20% que corresponde a un mes de almacenamiento.

La adición del benzoato de sodio en los untables, favoreció la retención de β -caroteno, a un almacenamiento de 5°C como se observa en la figura 20, contrario a lo que sucede cuando el untable sin conservador se almacena a las mismas condiciones. Durante los primeros 15 días de almacenamiento del untable a 5°C conteniendo el conservador, el 50% de los pigmentos se preservan, posteriormente el porcentaje de conservación va disminuyendo considerablemente en función del tiempo.

La degradación de los pigmentos contenidos en los untables se debió principalmente al efecto de la temperatura y pH, mientras que el efecto de la luz no se observó. Esta aseveración coincide con la encontrada en otros estudios. Wagner y Warthesen (2005), quienes evaluaron la estabilidad de los β -carotenos, por efecto

de la luz, en el cual observaron que la retención de los carotenos estudiados en las muestras expuestas a la luz y en la muestra mantenida en la oscuridad tras ocho semanas era prácticamente la misma, sugiriéndose que la degradación de carotenos se debía fundamentalmente a procesos de auto-oxidación.

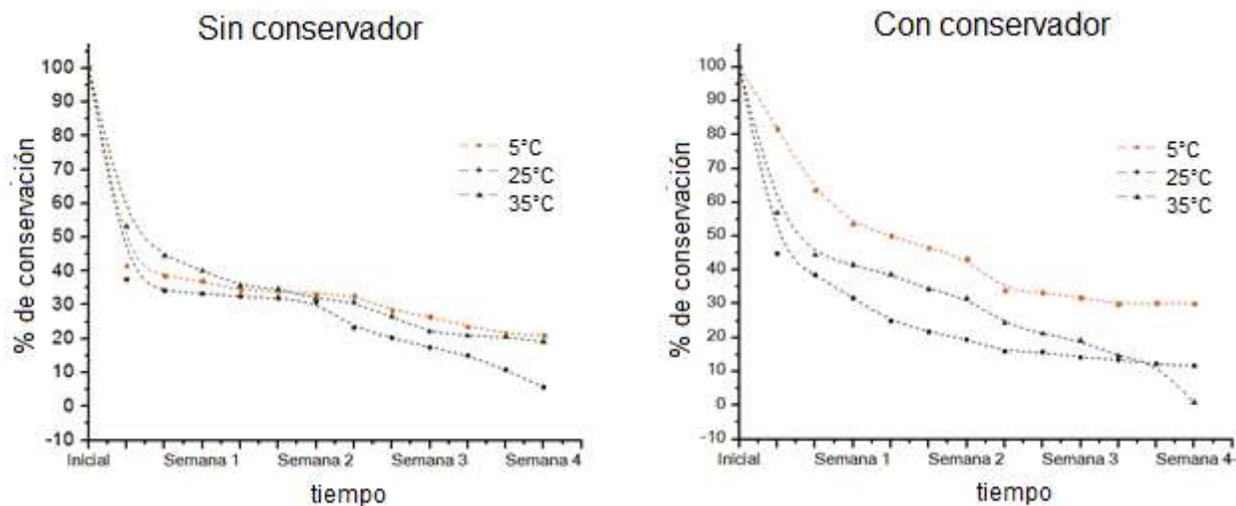


Figura 19. Porcentaje de conservación de β -carotenos en untables de zanahoria con y sin conservador

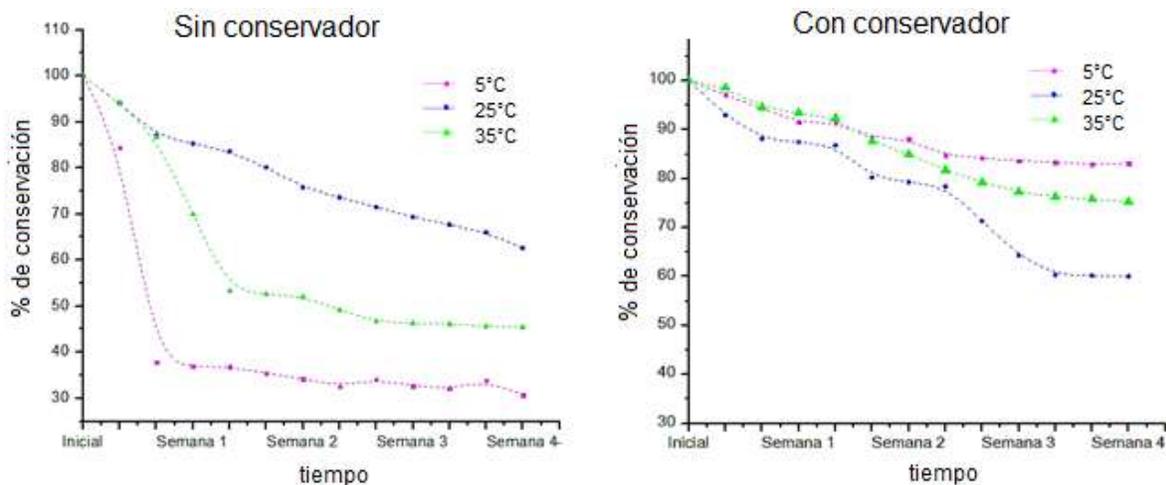


Figura 20. Porcentaje de conservación de betanina en untables de betabel con y sin conservador

En la Figura 20, se presenta el porcentaje de conservación de las betaninas contenidas en los untables formulados, sometidos a las diferentes temperaturas de almacenamiento.

El porcentaje de conservación del pigmento en el untable sin adición del conservador almacenado a 25 °C, presenta un comportamiento similar al untable que contiene el conservador, durante las primeras dos semanas, posteriormente el untable con conservador se degrada en mayor proporción, lo cual se atribuye al cambio en el pH como ya se describió en el apartado 6.1.3.1.

El untable con tratamiento a 35°C sin adición del conservador, presenta una diferencia notable en la degradación de la betanina, respecto del untable almacenado que contiene el conservador. Esto se atribuye a la susceptibilidad de la betanina a temperatura de vida acelerada (35 °C) aunado al cambio de pH considerable como se observa en el Anexo 8 produciéndose una reducción gradual del color rojo característico de este pigmento con la aparición de reacciones de pardeamiento (von Elb, Maing y Mudson, 1974).

Por último en el untable almacenado a 5°C, la adición de benzoato de sodio presenta una diferencia importante al retardar el tiempo de degradación de la betanina, generando un micro-ambiente en el cual se combina el efecto del conservador, la temperatura, el pH y la a_w , favoreciendo su conservación hasta en un 90% del valor inicial, después de haber transcurrido 15 días de almacenamiento. Los resultados obtenidos concuerdan con lo encontrado por Delgado Vargas (2000), quien menciona que las betalaínas dentro de las que se encuentran las betaninas, presentan mayor estabilidad en alimentos o sistemas modelo con un bajo contenido de humedad y a_w , debido a que el agua está menos disponible para que ocurran reacciones químicas.

En general, la degradación de los pigmentos (β -caroteno y betanina) contenidos en los untables presenta una disminución importante en las primeras semanas de almacenamiento. De acuerdo con lo reportado por Matioli y Rodríguez-Amaya

(2002) y Desobry et al. (1997) el período que presenta una mayor velocidad de reacción en la degradación de los pigmentos, es la etapa inicial, en la cual existe un contacto mayor del oxígeno con la superficie de los alimentos, lo que conduce a una oxidación temprana de los mismos, generándose fracciones de estos y perdiendo su pigmentación inicial.

La fracción proteica proveniente del colágeno, es otro factor al que se le puede atribuir la degradación de los pigmentos que en conjunto con la temperatura puede ocasionar pardeamiento no enzimático, así mismo con el pH y la actividad de agua que generalmente se produce durante el almacenamiento de algunos alimentos por periodos prolongados de tiempo (Guadarrama y col., 2014).

Los carotenoides debido a la alta conjugación de enlaces dobles presentes en sus moléculas se descomponen por efecto de la luz, la temperatura y el oxígeno (Britton, Hornero, 1997).

6.6.1 Cinéticas de degradación

En el Cuadro 8 y 9 se presentan los valores de las constantes de velocidad (k), calculados con las pendientes de las Figuras antes señaladas (19 y 20), y los tiempos de vida media ($t_{1/2}=\ln 2/k$) de los pigmentos de los dos compuestos evaluados, encontrando que la degradación de los pigmentos sigue cinéticas de primer orden. Para algunos casos existen dos cinéticas de primer orden, mientras que para otros, se presenta solo dos tendencias de primer orden.

El estudio realizado en este trabajo, coincide con lo reportado por Wagner y Warthesen (2005); Huang y von Elbe (1985), quienes evaluaron la estabilidad β -caroteno y betaninas respectivamente, comprobando que la degradación de los carotenos estudiados como consecuencia del almacenamiento a diversas temperaturas seguía una cinética de primer orden.

En el Cuadro 8 se muestra la cinética de degradación de la betanina, en la que se observa que a un almacenamiento de 5°C fue similar la degradación del pigmento en las dos variaciones (con y sin conservador), a temperaturas de 25 y 35°C la

degradación de la betanina fue doblemente más rápida en los untables sin conservador. Mientras que para la degradación de los pigmentos β -carotenos cuyos resultados se citan en la Tabla 9, el tiempo de vida media se refleja de la misma manera en los untables con y sin conservador, a las diferentes temperaturas. En conjunto con los resultados anteriores de este estudio es posible observar que la degradación de los pigmentos se ve influenciada por factores como actividad de agua, presencia de oxígeno, especies químicas acompañantes que de igual manera han sido analizadas por otros autores (Moreno, 2002; Attoe, 1985).

Los valores de tiempo de vida media para el presente estudio confirman que los β -carotenos se degradan con mayor rapidez que las betaninas. Como la degradación de estos pigmentos mostró cinéticas de primer orden, los tiempos de vida media señalados son independientes de la concentración inicial (Maron, 1998; Moreno y Camacho, 2002).

Tabla 8. Constantes de velocidad (k) y degradación y tiempos de vida media para Betaninas

		5°C		25°C		35°C	
		k (Días ⁻¹)	t _{1/2} (Días)	K (Días ⁻¹)	t _{1/2} (Días)	k (Días ⁻¹)	t _{1/2} (Días)
Con conservador		9.0959	0.0762	1.4678	0.4722	1.2306	0.5632
		2.4509	0.2828	2.1675	0.3197	0.2719	2.5492
		0.3904	1.7754	0.1551	4.4690		
		2		5		3	
Sin conservador		9.0959	0.0762	3.2446	0.21	5.1211	0.13
		0.6592	1.0514	1.9485	0.36	0.5303	1.31
		1.0844	0.6391	0.6799	1.02		
				1.0057	0.69		
		2		2		1	

Cuadro 9. Constantes de velocidad (k) y degradación y tiempos de vida media para β -carotenos

	5°C		25°C		35°C	
	k (Dias ⁻¹)	t _{1/2} (Días)	k (Dias ⁻¹)	t _{1/2} (Días)	k (Dias ⁻¹)	t _{1/2} (Días)
Con conservador	9.0959	0.0762	27.583	0.03	13.899	0.0498
	2.4509	0.2828	0.5233	1.32	1.4702	0.4746
	0.3904	1.7754	1.8237	0.38	2.1012	0.3298
	2		2		1	
Sin conservador	9.0959	0.0762	31.247	0.02	23.442	0.0295
	0.6592	1.0514	2.2198	0.31	2.331	0.2973
	1.0844	0.6391	0.4426	1.57	1.1187	0.6196
	2		2		1	

Como podemos observar en las Tablas anteriores, el valor de k va descendiendo conforme aumenta el tiempo, lo cual es indicativo de una disminución en el contenido de carotenoides y betaninas en el producto. En general, la concentración de pigmentos en alimentos disminuye como consecuencia de los tratamientos térmicos aplicados en el procesamiento; se han reportado comportamientos diversos en el contenido de estos pigmentos según los métodos empleados, temperaturas y naturaleza de las materias primas (Rodríguez, 1999; Delgado y Col., 2000).

6.7 Propiedades Reológicas

6.7.1 Viscosidad aparente

La Figura 21 y 22 se muestra la viscosidad aparente inicial (η_{ap}) de los untables con y sin conservador. La viscosidad aparente se graficó en función de la velocidad de deformación, en el que no hay una relación entre la tensión tangencial y la velocidad

de deformación, obteniéndose así un flujo que no es constante, por lo tanto no pertenece a un fluido Newtoniano.

En los fluidos no newtonianos, la curva del esfuerzo de corte con la velocidad de corte es no lineal, o no comienza en el origen, o el material exhibe un comportamiento reológico que depende del tiempo como resultado de los cambios estructurales (Rodríguez y Fernández, 2006).

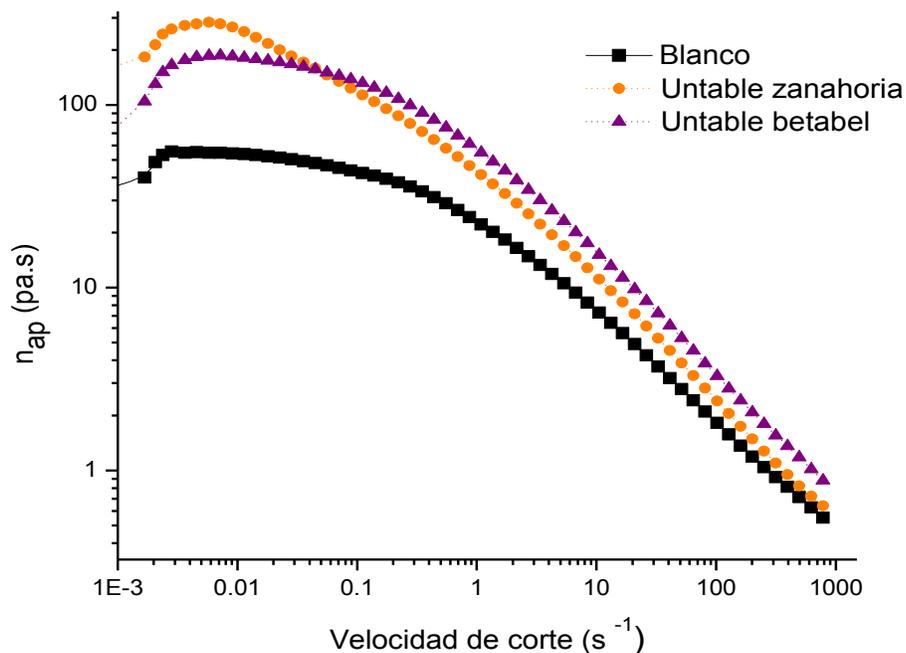


Figura 21. Viscosidad aparente (η_{ap}) inicial en untables sin conservador

En la Figura anterior se observa una tendencia para los untables sin conservador, y el blanco, en la que se pueden distinguir tres regiones:

1) Región de espesamiento, reflejada entre los valores de 0.0001 y 0.001 s^{-1} aproximadamente. La viscosidad aparente aumenta conforme aumenta la velocidad de corte de la misma manera que la intensidad de las interacciones en las partículas aumentarán (Consuelo, 2008). Comportamiento que se puede atribuir a la formación de un patrón de flujo incipiente aleatorio a las partículas de los

hidrocoloides en la fase continua (Carillo, Hernández, Meraz, Vernon y Álvarez, 20013).

2) Región newtoniana donde la viscosidad cambia ligeramente con la velocidad de corte.

3) Región de fluidificación ($> 0.006 \text{ 1 / s}$). En esta zona, la velocidad de corte forma un patrón de flujo descendente. Estos resultados sugieren que la alineación de las partículas de los hidrocoloides a lo largo de la dirección de flujo, es responsable de dicho comportamiento (Utrilla, Rodriguez, Carrillo y Hernández).

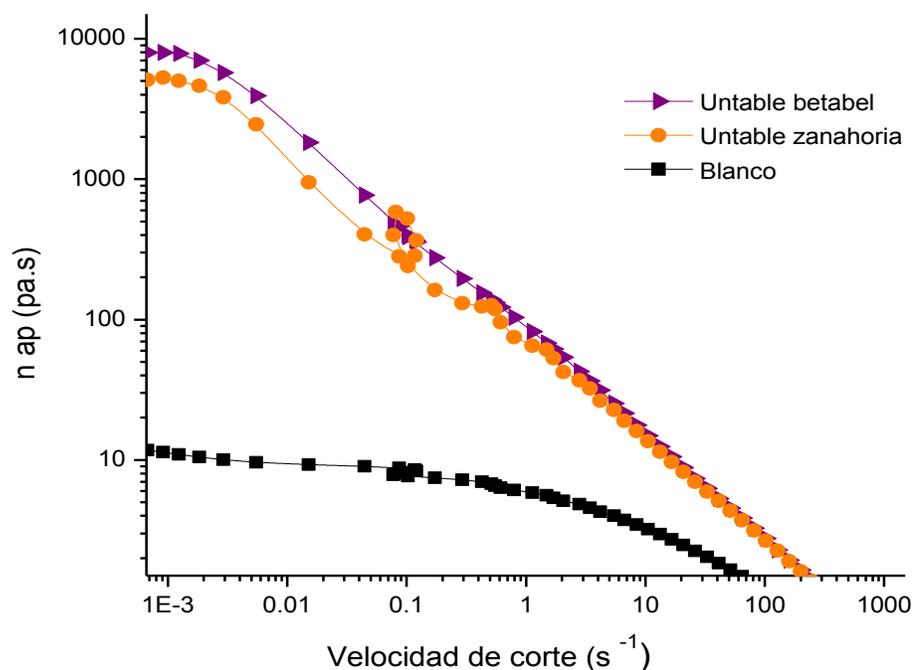


Figura 22. Viscosidad aparente (η_{ap}) inicial en untables con conservador

En la figura 22 podemos observar que el comportamiento de la viscosidad aparente es la misma tanto para untables con conservador.

Sin embargo los untables con conservador solo muestran en una primera instancia la zona de espesamiento en valores menores a 0.01 Aquí la velocidad de corte es lo suficientemente alta para romper las interacciones entre las partículas de los

hidrocoloides usados, provocando su alineación en la dirección del flujo, y un reordenamiento de partículas dispersas, provocando un incremento en la viscosidad aparente (Utrilla y Col., 2012). Mientras que en valores mayores a 0.01 de velocidad de, la viscosidad aparente de los untables decrece, al igual que en los untables sin conservador.

La viscosidad aparente que se muestra en las Figuras 21 y 22 varía de acuerdo al jugo adicionado al untable. Cuando se adiciona el conservador se observa que el untable de zanahoria tiende a ser más viscoso que el de betabel, mientras que un efecto contrario se observa en los untables conteniendo el conservador, en los cuales en el untable adicionado con el jugo de betabel predominan los valores de viscosidad.

Los valores máximos en la viscosidad aparente se muestran en el siguiente Cuadro:

Tabla 10. Valores máximos de viscosidad aparente en untables

Untable	η_{ap} (Pa.s)
Blanco con conservador	12.11
Betabel con conservador	7962
Zanahoria con conservador	5286
Blanco sin conservador	55.07
Betabel sin conservador	186
Zanahoria sin conservador	282.9

En la Tabla anterior se observa que los untables con la adición de los jugos respectivamente tienden a presentar una viscosidad mayor que los denominados blancos, en los que se sustituye el jugo por agua, por lo que la viscosidad se atribuye a los sólidos presentes en los jugos. El jugo de betabel tiene 5° Brix más que el jugo de zanahoria, por lo tanto el untable de betabel tiende a ser más viscoso que el untable de zanahoria. En el caso de los untables con conservador, el valor en la

viscosidad es relativamente mayor, lo cual puede ser debido a la presencia de azúcares o fibra cruda en el jugo.

Siendo la carboximetilcelulosa el componente principal, al que se le atribuye que el untable de betabel con conservador sea más viscoso ya que al contener un porcentaje mayor de azúcar en el jugo, como lo menciona Lasheras Ruiz (2009), al aumentar las concentraciones de azúcares presentes, aumenta la viscosidad. De la misma forma es posible que la acidez del medio, influya debido a que el pH en el untable con conservador tiende a ser más ácido, comparado con el untable de betabel sin la adición de conservador como se observa en la Tabla 11.

La razón por la cual el untable elaborado con jugo de betabel y el conservador presente una mayor viscosidad es probablemente debido a la presencia de pectina, en el que existen mayores interacciones de esta en medio ácido.

Tabla 11. pH inicial en untable de betabel

Untable	pH
Untable de betabel sin conservador	3.77
Untable de betabel con conservador	3.73

Debido a la naturaleza hidrofílica de la pectina y al número de grupos hidroxilo polares presentes en la macromolécula, ésta forma geles fuertes, que mantienen las moléculas de la pectina separadas, por lo que estas interacciones se deben reducir para que el gel que se forma, no sea un gel fuerte, de tal manera que las moléculas de pectina puedan interactuar entre sí en puntos específicos atrapando agua dentro de la red tridimensional (Garza y Rodriguez, 1999). Dicho proceso se puede decir que se llevó a cabo mediante la interacción de las moléculas de pectina atrapando el agua contenida en el jugo en conjunto con el medio ácido formado en el untable con conservador mediante la adición de benzoato de sodio. Lo que sensibiliza la formación de la red coloidal de la pectina, formando trenzas y envolviendo las gotas y/o poros, dicha red tridimensional es más estable en el

untable de betabel con conservador, que sin conservador. De la misma manera sucede en el caso de los untables de la zanahoria, en el que se observa que la viscosidad en el untable con conservador tiende a ser mas viscoso que sin conservador.

La diferencia radica en el contenido de azucares presente en los jugos y en la acidez de los untables, ya que retomando los valores de a_w , esta no presenta una diferencia notable inicial en los untables con conservador y sin conservador.

Aunque sucede lo contrario al aumentar la temperatura en el caso de los untables de betabel y zanahoria, en los que después de un mes de almacenamiento a temperaturas de 5, 25 y 35°C, la viscosidad en los untables se ve afectada totalmente, como se observa en la figura 23 y 24.

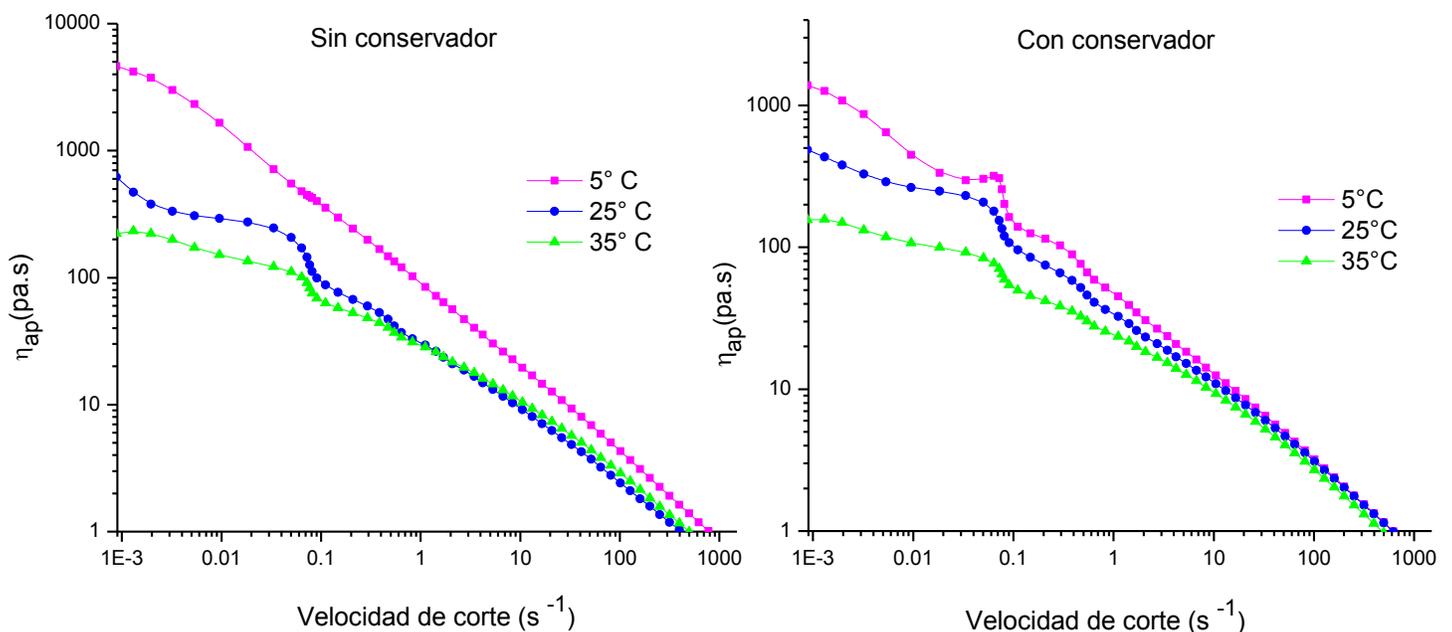


Figura 23. Viscosidad aparente final en untable de Betabel con almacenamiento a 5, 25 y 35°C

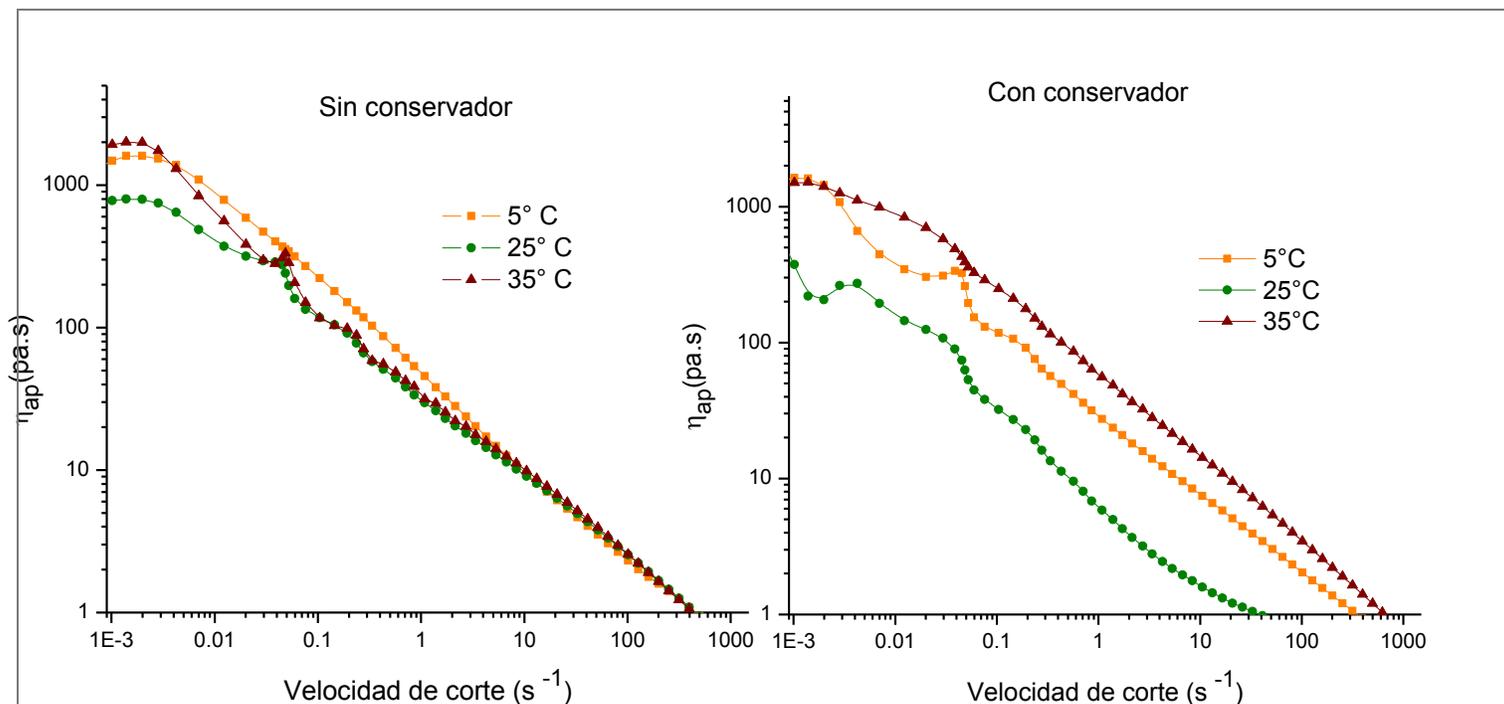


Figura 24. Viscosidad aparente final en untable de zanahoria con almacenamiento a 5, 25 y 35°C

El fenómeno que se observa es el mismo descrito que en la viscosidad inicial, en el que la temperatura es el factor que afecta directamente la viscosidad del producto. En los untables sin conservador, la viscosidad después del periodo de almacenamiento, ahora es mayor que en los untables sin conservador, debido a que durante el tiempo de almacenamiento el medio se vuelve más ácido en los untables sin conservador, por lo que probablemente se está llevando a cabo un fenómeno en el cual las interacciones que se llevaron a cabo inicialmente en medio ácido en los untables con conservador ahora se estén llevando a cabo en los untables sin conservador después del almacenamiento.

Podemos visualizar que la viscosidad es inversamente proporcional a la temperatura en el caso de los untables de betabel, en los que se observa que el producto tiene una mayor viscosidad después de su almacenamiento a temperatura de 5°C, seguido de 25 y finalmente de 35°C, donde la viscosidad prácticamente se observa casi nula a comparación de la viscosidad inicial. Este fenómeno ha sido estudiado por algunos autores donde es predecible que al aumentar la temperatura y por un largo tiempo, el producto pierde su poder gelificante, en el que la pectina

tiende a despolimerizarse y por lo tanto ya no hay una formación de gel (Sañudo, Sillar, Osuma, 2008).

La causa del comportamiento viscoelástico es la misma que produce la viscoplasticidad y la tixotropía (Rojas, 2012). De los cuales, la viscosidad aparente coincide con lo observado en las figuras de viscosidad aparente de los untables.

La η_{ap} desciende a medida que aumenta la velocidad de deformación, que en general, varios estudios han demostrado que las disoluciones de CMC son conocidas por tener un fuerte comportamiento dependiente del tiempo; esto significa que exhiben una relación viscosidad – tiempo, en donde la viscosidad decrece con el tiempo de aplicación de un esfuerzo (Lasheras, 2009). Que la viscosidad sea dependiente del tiempo, está relacionado con los cambios ocurridos en la estructura interna del fluido; así mismo, las fuerzas de interacción entre partículas como las fuerzas de Van der Waals, son las responsables de la formación de flóculos y agregados. Estas fuerzas actúan a nivel microscópico entre las especies dispersadas en el material y sobre una cierta fracción de volumen de partícula que pueden guiar a la formación de una partícula rígida continua, la cual puede resistir el fluido (Lasheras, 2009).

6.7.2 Módulos de almacenamiento y pérdida (G' y G'')

La mayor parte de las pastas y emulsiones concentradas, así como los geles, suelen mostrar viscoelasticidad, tal cual es el caso de los untables de betabel y zanahoria, esto puede verse como el siguiente comportamiento: a bajas deformaciones, el fluido viscoelástico se comporta literalmente como un sólido elástico. A altas deformaciones, estos fluyen de forma viscosa; es decir, como líquidos, como se puede observar en los Anexos 11 y 12.

Inicialmente el untable, independientemente del sabor, tiene un comportamiento elástico que se ve reflejado a bajas deformaciones, en el cual, el medio mediante su estructura interna es capaz de almacenar energía. Después, se presenta un

momento en el que la curva desciende, y el untable tiende a comportarse como un fluido, comportamiento reológico más común entre los diversos sistemas de fluidos incluyendo polímeros fundidos, suspensiones, soluciones, etc... (Hyun y Col., 2002). Tendencia que se produciéndose surge de la orientación de la cadena o la alineación de microestructuras del producto lo que conlleva a fluir, reduciendo así la resistencia inicial. A medida que la velocidad de deformación incrementa aún más, la alineación con el flujo se vuelve más completa, y la viscosidad disminuye aún más (Harrison, Franks, Tirtaatmaja y Boger, 1999).

Como podemos observar en la Figura 25 y 26, se muestran los módulos G' y G'' de los untables, antes de ser almacenados, así mismo se incluyen los módulos de un blanco, el cual no contiene jugo.

Se puede observar que las muestras denominadas blancos sin conservador, a bajas frecuencias G'' es mayor que G' lo que implica que el material se está comportando como un líquido. Sin embargo con la adición de los jugos, los módulos de almacenamiento tienden a comportarse de manera contraria al blanco. Independientemente del sabor G' a bajas deformaciones es mayor que G'' , con lo cual tiene un comportamiento sólido. En ambos casos se observa un momento en la deformación en el cual hay una intersección entre G' y G'' , dando lugar al tiempo característico o tiempo de respuesta del material. (Hyun, Heun y Jong, 2002).

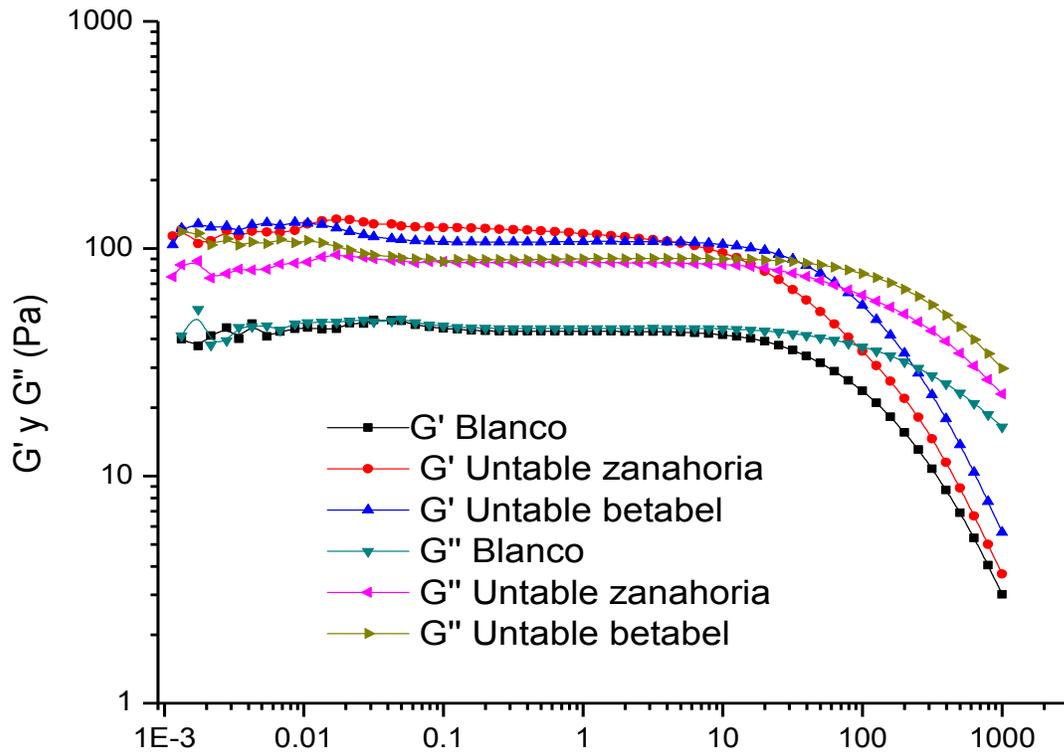


Figura 25. Módulos G' y G'' iniciales en untables de zanahoria y betabel sin conservador

El comportamiento es el mismo en los untables con conservador, en el que el G' es mayor que G'' . Aseverando que los untables de betabel y zanahoria con y sin conservador tienen un comportamiento más elástico que viscoso. Por lo tanto existe una diferencia con los untables sin conservador en el valor de la energía almacenada. En los untables con conservador se tiene una mayor energía retenida.

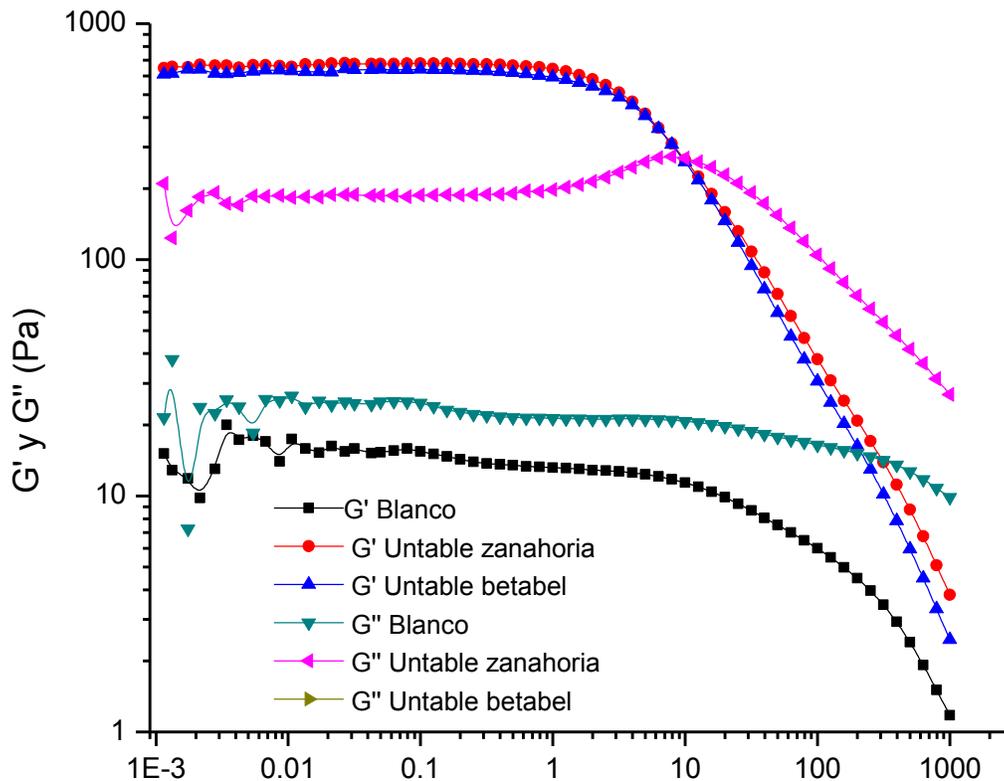


Figura 26. Módulos G' y G'' iniciales en untables de zanahoria y betabel con conservador

En ambos casos se puede decir que se observan tres transiciones:

1. Zona I, donde $G'' < G'$
2. Zona II, Intersección de G'' y G'
3. Zona III, Existe un cambio y G'' es mayor que G'

Específicamente, se puede decir que en la zona I, o zona gomosa, indica que el comportamiento elástico predomina y el material se comporta como un sólido.

En la zona II, se puede denominar como zona de transición al flujo recibe este nombre porque si se observa a partir de deformaciones elevadas, cuando aun $G' >$

G'' , encontraremos se encuentra un punto de intersección entre los módulos lo que marca el comienzo del comportamiento viscoso.

Y finalmente en la zona III conocida como la zona de flujo o terminal donde G'' predomina, indica un comportamiento viscoso, es decir, el material fluye. En esta zona G'' aumenta linealmente con la deformación mientras que G' lo hace al cuadrado de la deformación (Rojas 2012).

6.7.2.1 Módulo elástico en untables con almacenamiento a 5, 25 y 35°C

Como se puede observar en el Anexo 13 y 14, el almacenamiento a las diferentes temperaturas tiene una tendencia similar en ambos untables con y sin la adición del conservador, en el que se presenta un decremento en el modulo de perdida conforme aumenta la temperatura, siendo 5°C la temperatura que muestra un mayor valor en el módulo elástico, por lo cual se puede decir que después del almacenamiento a 5°C, el untable a este tratamiento tiene un comportamiento estable en cuanto a la reología presentada.

6.7.2.2 Módulo viscoso en untables con almacenamiento a 5, 25 y 35°C

En el Anexo 15 y 16, se observan los resultados del módulo viscoso de los untables a las diferentes temperaturas de almacenamiento, el comportamiento que se presenta es proporcional a la temperatura, en cuanto esta la temperatura de vida acelerada (35°C) se ve mayoritariamente afectada, en el cual el comportamiento después del almacenamiento es casi totalmente viscoso, por lo que a temperatura de 5°C no se observa un cambio drástico en el modulo viscoso del untable, cuyos valores se encuentran en un rango de 100 y los 120 Pa a deformación de corte bajas, que comparando los valores iniciales no se observa una pérdida considerable en este módulo.

6.8 Evaluación sensorial

6.8.1 Perfil de sabor

En la Figura 27 se muestra el análisis gráfico del perfil de sabor, cuyos resultados se muestran en el Anexo 17 en los cuales se evalúa en escala de 1-10 la percepción de los panelistas sobre los atributos evaluados en los dos untables.

En general, al untable de zanahoria los panelistas le asignaron valores significativamente mayores que al untable de betabel.

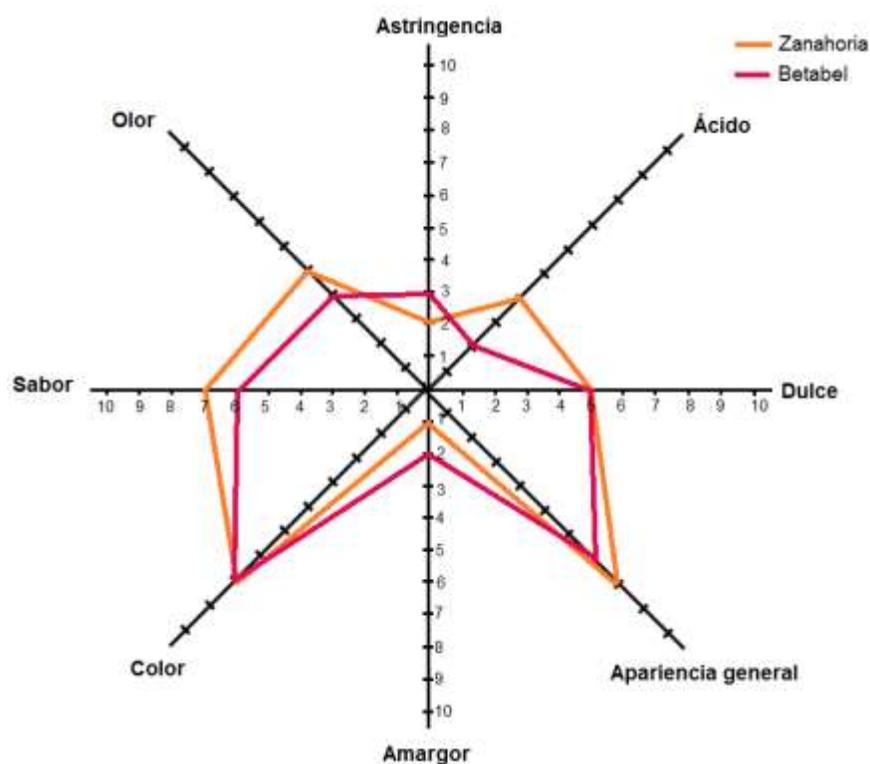


Figura 25. Análisis gráfico Perfil de sabor

En cuanto a la apariencia general, en ambos untables tuvieron una aceptabilidad por parte de los panelistas, en el que más de diez personas evaluaron los untables en un rango de 7-10 en la escala asignada, con lo que se puede decir que dentro de una tendencia general que el consumidor demanda calidad en términos de apariencia, la cual también involucra los atributos percibidos visualmente, en los que el cerebro procesa la información recogida por la vista e instantáneamente lo

compara o asocia con experiencias pasadas, aromas y sabores almacenados en la memoria. En este caso, el color naranja para el untable de zanahoria y púrpura para el untable de betabel, fueron evaluados en un rango de 6-10 por todos los panelistas, mayoritariamente 8 para zanahoria y 9 para betabel. El atributo de color así mismo da pauta a los panelistas a suponer que los untables poseen buen sabor, textura o aroma. Confirmándolo con los resultados presentados para el atributo de sabor y aroma. El sabor que fue de más agrado para el grupo de panelistas fue el de zanahoria, que por comentarios realizados, el betabel no es consumido por algunos de ellos.

La acidez fue percibida más en el untable de zanahoria, a pesar de contener la misma cantidad de benzoato de sodio y ácido cítrico, a los que se les atribuye el medio ácido de los untables, además del ácido contenido naturalmente en las hortalizas utilizadas.

La astringencia, que es la sensación de pérdida de lubricación en la cavidad bucal y los sabores amargos se deben a distintos compuestos, principalmente asociados con la madurez de las hortalizas. Dichos atributos no fueron percibidos significativamente por los panelistas, por lo que se atribuye que las hortalizas utilizadas se encontraban en estado de maduración de consumo.

6.8.2. Perfil de textura

La textura, conjuntamente con las características del perfil de sabor, constituye la calidad gustativa. En términos de textura, cada producto es valorado diferentemente: ya sea por su firmeza, dureza, crocantes, etc. Para el caso de los untables, y por la adición de los hidrocoloides y las propiedades que estos proporcionan al ser adicionados, es de interés para el estudio atributos relacionados con la gomosidad, cohesividad, viscosidad, adhesividad.

De acuerdo al perfil de textura, los datos son representados como se muestra en la siguiente Figura:

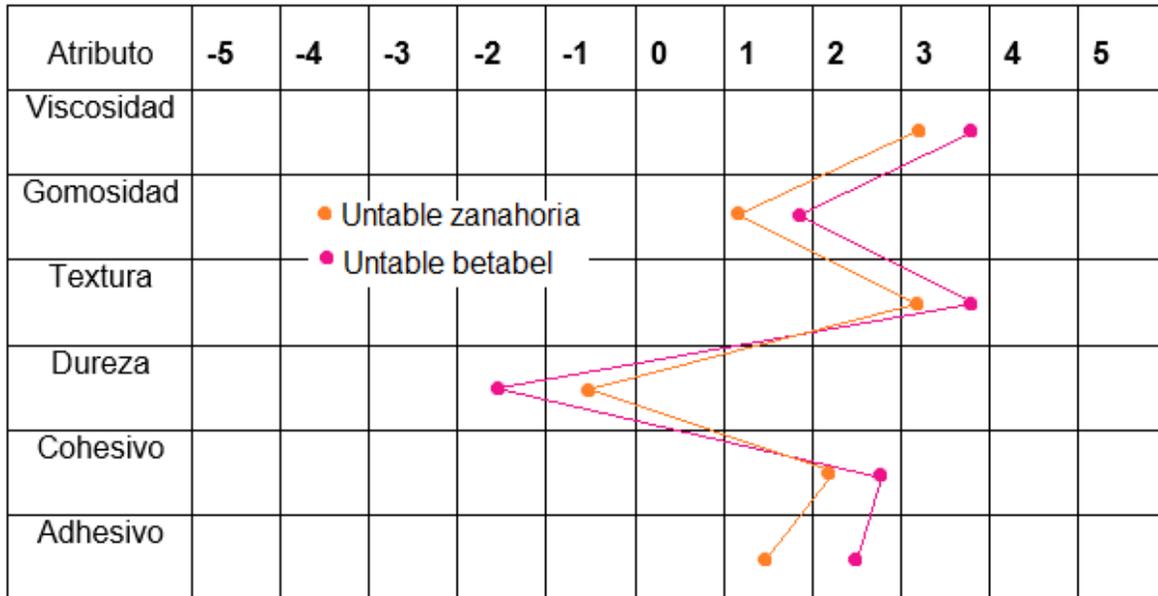


Figura 28. Análisis gráfico perfil de textura

Los resultados no muestran una gran diferencia entre los atributos evaluados, sin embargo, sí se correlacionan con los resultados de los parámetros reológicos estudiados. De acuerdo a la viscosidad mostrada inicialmente en los untables con conservador, el untable de betabel es más viscoso que el de zanahoria, sin embargo los panelistas determinaron que la viscosidad es relativamente similar para los dos untables.

De la misma manera para el segundo atributo que es gomosidad, relacionada específicamente, con zona gomosa discutida en los módulos G' y G'' , por lo que se puede afirmar que la gomosidad, es una característica propia de los untables que es percibida por los panelistas.

La dureza se relaciona con la cohesividad, que de acuerdo a los resultados, los untables no muestran características de dureza, ya que se denominan una muestra dura, la cohesividad se percibiría en un rango más elevado, presentándose en la boca una sensación dura y difícil de romper.

VII. CONCLUSIONES

Se prepararon dos untables mediante la adición de hidrocoloides: Colágeno (5%), Carboximetilcelulosa (1%), Pectina (0.8%) con un 56% de Jugo de betabel o zanahoria, además de azúcar y ácido cítrico a los cuales se les realizó el estudio y análisis de estabilidad de pigmentos contenidos en dicha formulación; en el que se observó que parámetro como el pH, actividad de agua y la temperatura, son factores que afectan directamente las características de conservación de los untables y así mismo de los pigmentos contenidos.

La combinación de un método físico de conservación como lo es la refrigeración (5°C) con el benzoato de sodio que actúa como conservador, se logra un medio adecuado para la conservación de los untables, en el que la a_w no incrementa drásticamente como a temperaturas de 25 y 35°C, lo cual inhibe la actividad microbiana.

El untable elaborado con jugo de betabel almacenado a 5°C conservó el 90% de betanina presente en el jugo, exhibiendo una cinética de primer orden, mientras que los untables elaborados con el jugo de zanahoria conservaron un porcentaje menor de β -caroteno y dependiendo de la temperatura de almacenamiento, presentaron dos cinéticas de primer orden a diferentes intervalos de tiempo.

Dentro de los parámetros reológicos, se evaluó la viscosidad aparente de los diferentes untables, encontrando que esta disminuye cuando aumenta la velocidad de corte en todos los casos, sin embargo; se observaron diferencias cuando se adicionó benzoato de sodio como conservador, siendo este uno de los factores principales que interviene en la conservación de los pigmentos y modificación de los parámetros fisicoquímicos de los untables. Los módulos elástico y viscoso disminuyen a medida que se incrementa la temperatura de almacenamiento de los mismos. En todos los casos el módulo elástico es mayor que el viscoso, por lo que presenta un comportamiento predominante sólido que fluido.

El perfil sensorial realizado para las diferentes formulaciones de untables mostró que la dulzura y el olor fueron los aspectos más perceptibles detectados por los

jueces entrenados en el untable realizado con jugo de zanahoria, mientras que la dulzura y la intensidad de color fueron los aspectos más perceptibles por los jueces en untables realizados con jugo de betabel. De los parámetros evaluados en el perfil sensorial de textura se encontró que el 40% de los jueces entrenados, percibió una gomosidad más alta en el untable elaborado con el jugo de betabel, dicho parámetro se correlaciona con los parámetros viscoelásticos estudiados.

VIII. REFERENCIAS

REFERENCIAS

- Aguilar, L. Gastón, C. Llopiz, J. Jérez A., 2005. Estudio de termoestabilidad de goma xantano por análisis térmico y viscosimetría. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, XXXIX(3), pp. 52-57.
- Attoe, E. Von Elbe, 1985. Oxygen involvement in betanine degradation: effect of antioxidants.. *Journal of Food Science*, Volumen 50, pp. 106-110.
- Azeredo, H., 2009. Betalains: properties, sources, applications, and stability-a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 12(44).
- Badui, S., 2006. *Química de los alimentos*. Cuarta ed. México: Pearson educación.
- Britton, G., Hornero, D., 1997. *Carotenoids and Colour in Fruit and Vegetables In: Phytochemistry of Fruit and Vegetables*. s.l.:Oxford.
- Bruzzone, F. Ares, G. & Giménez, A., 2012. Consumers texture perception of milk desserts. Comparison with trained assessors data.. *Journal of Texture Studies*, Issue 43, pp. 372-379.
- Bucheli, M., 2005. Desarrollo de una pasta unttable a base de champiñones (*Agaricus bisporus*) en la Escuela Agrícola Panamericana.. pp. 7-10.
- Caballero, A. y López E., 2012. *Principios básicos sobre biomoléculas., Capítulo 2. Conceptos generales sobre biomoléculas*. Segunda ed. Universidad de Ciencias y Artes, Chiapas: s.n.
- Calvo, M., n.d. Química y Bioquímica de los Alimentos. Pectinas. *Universidad de Zaragoza*.
- Camacho, B. Moreno, D. Alemán, R y Álvarez, F., 2004. Efecto de la temperatura de secado sobre la degradación de carotenoides en frutos de coroba.. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 4(3), pp. 206-210.
- Carrillo, H. Hernández, C. Utrilla, R. Meraz, M. Vernon, E, Álvarez, J., 2013. Viscoelastic relaxation spectra of some native starch gels. *Elseiver*, Volumen 37, pp. 25-33.
- Chavarrías, M., 2013. El pH de los alimentos y la seguridad alimentaria. *Eroski Consumer*.
- Chethana, S., Nayak, C., & Raghavarao, K., 2007. Aqueous two phase extraction for purification and concentration of betalains.. *Journal of Food Engineering.*, Volumen 81, pp. 679-687.
- Consuelo, E., 2008. Desarrollo de una mermelada de mango Haden con quinua (*Chenopodium*). *Escuela Agrícola Panamericana*.

Coronado, M. e Hilario, R, 2001. Elaboración de mermeladas: procesamiento de alimentos para pequeñas microempresas agroindustriales.. *Centro de Investigación y desarrollo*, p. 36.

Costa, A.. & Kongen, W., 2006. New insights into consumer-led food product development.. *Trends in Food Science & Technology*, Issue 17, pp. 457-645.

De la Paz, J., 2003. La zanahoria, alimento para la vista. *Vocalía de la Alimentación*.

Delgado, F. Jiménez, A. y Paredes, O, 2000. Natural pigments Carotenoids, Anthocyanins, and Betalains - Characteristics Biosynthesis, Processing, and Stability.. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(3), pp. 173-289.

Desobry, S. Netto, F y Labuza, 1997. Comparison of spray-drying drum-drying and Freeze-drying for #-carotene encapsulation and preservation. *Journal Food Science*, 2(6), pp. 1158-1162.

Espinosa, M., 2007. *Evaluación Sensorial de los Alimentos*.. Ciudad de la Habana: Editorial Universitaria.

FAO, 2008. Grasas y ácidos grasos en nutrición humana.. *Estudio FAO Alimentación y nutrición*., pp. 180-185.

Fennema, O., 2003. Hidrocoloides. En: *Química de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia, S. A, p. 1095.

Franco, M. Pelayo, C. Armealla, M. Yañez, M. Guerrero, I., 2007. Caracterización parcial del pigmento rojo del fruto de la "Jiotilla" (Escontria chiotilla [Weber] Britton & Rose). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*., 6(1), pp. 19-25.

Garza, C. y Rodriguez J, 1999. Geles de pectina de bajo metoxilo modificadas enzimáticamente. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 43(1), pp. 15-17.

Gelita, 2014. *Gelita Improving Quality of Life*. [En línea] Available at: <http://www.gelita.com.mx/> [Último acceso: 4 Enero 2016].

Guadarrama, A. Cruz, J. Martinez, S. Carrillo, H, Roman, A. Pérez, A, 2014. Determination of the minimum integral entropy, water sorption and glass transition temperature to establishing critical storage conditions of beetroot juice microcapsules by spray drying. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* , 13(2), pp. 405-416.

Harrison, G. Franks, G. [12] G. Harrison, G.V. Franks, G. Tirtaatmaja, V. y Boger, D., 1999. Suspensions and polymers. *Common links in rheology, Korea-Aust. Rheology*, Volumen 11, p. 197–218.

Henández, D., 2013. Influencia de la concentración de azúcar en la viscosidad de una mermelada casera de nopal. (Tesis experiencia recepcional). *Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas Zona Xalapa*.

Hyun, K. Heun, S. Jong, S., 2002. Large amplitude oscillatory shear as a way to classify the complex fluids. *J. Non-Newtonian Fluid Mechanics.*, Issue 107, pp. 51-65.

IPGRI, I. I. d. R. F., 1998. *Descriptores de la zanahoria silvestre y cultivada (Dacus carota)*. Roma, Italia: s.n.

Juszczak, L., Witczak, M., Fortuna, T. y Beata, S., 2010. Effect of temperature and soluble solids content on the viscosity of beetroot (*Beta vulgaris*) juice concentrate.. *International of Food Propierties*, Issue 13, pp. 1364-1372.

Kleef, E., 2006. Consumer research in the early stages of new product development. Issues and applications in the food domain. *PhD-Thesis, Wageningen university*, 6 Junio.pp. 15-26.

Kujala, T. S. L. J. M. K. K. D. & P. k., 2000. Phenolics and Betacyanins in Red Beetroot (*Beta vulgaris*) Root: Distribution and Effect of Cold Storage on the Content of Total Phenolics and Three Individual Compounds.. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 11(48), pp. 5338-5342.

Lasheras, A., 2009. Determinación de las propiedades reológicas de soluciones acuosas de carboximetilcelulosa (CMC), por mediciones experimentales en viscosímetro rotacional AR – G2. *Repositorio Digital. Universidad Politécnica de Cartagena*.

Latorre, M., Narvaiz, P., Rojas, A. M., & Gerschenson, L., 2010. Effects of gamma irradiation on bio-chemical and physico-chemical parameters of fresh-cut red beet (*Beta vulgaris* L. var. conditiva) root.. *Journal of Food Engineering.*, 2(98), pp. 178-1191.

Lelievre, Mirza y Tang, 2002. Measurement of the tensile failure gels.. *Journal of Texture Studies.*, Volumen 23, pp. 349-358.

Linnemann, A., Benner, M., & Verkerk, R., 2006. Consumer-driven food product development. *Trends in Food Scienci & Technology*, Issue 17, pp. 184-190.

López, P. Boatella, J. Codony, R, 2004. *Química y Bioquímica de los alimentos II*. Barcelona : Edicions Universitat Barcelona.

Maron, S. Prutton, C., 1998. *Fundamentos de Fisico-química*. 2da. ed. México: Limusa.

Martínez, A., 2003. Carotenoides. Febrero.pp. 2-4.

McClements, D., 1999. Food emulsions: Principles, preactice ande techniques. *Journal of Colloid and Interface Science*, Issue 225, pp. 214-218.

- Meléndez, A. Vicario, I. y Heredia, F., 2004. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *ALAN. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Area de Nutrición y Bromatología. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla*, p. 11.
- Méndez, V. González, D y Gutiérrez, F., 2005. Contenido de carotenoides y color extractable de nuevos cultivares en chile pimiento.. *Chapingo, Serie Horticultura*, 11(2), pp. 215-217.
- Mike Scotter, Fera, UK, 2015. *Colour Additives for Foods and Beverages. Woodhead Publishing Series in Food science, Technology and Nutrition*. 2da. ed. s.l.:Elsevier.
- Mínguez, M. Pérez, A. Gálvez y Hornero, D, 2005. *Pigmentos carotenoides en frutas y vegetales; mucho mas que simples colorantes naturales*. Sevilla: s.n.
- Moreno, M. Camacho, B. Douglas, R. Vilorio, M, 2002. Degradación de betalainas en remolacha (*beta vulgaris L.*) estudio cinético. *Científica ESIME*, 12(2).
- Muñoz, A. Pangborn, R y Noble, A., 2004. Sensory and mechanical attributes of ge texture.II. Gelatin, sodium alginate and kappa-carrageenan gel. *Journal of Texture Studies* , Issue 17, pp. 17-36.
- Porras, A. L. A., 2009. Importancia de los grupos fenólicos en los alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, p. 121.
- Prudencio, I. Gris, E. Tomazi, T. & Bordignon, M., 2011. Petit suisse manufactured with cheese whey retentate and application of betalains and anthocyanins. *LWT-Food Science and Technology*., 5(41), pp. 905-910.
- Quintáns, L., 2008. *Reología de Productos Alimentarios*. Santiago de Compostela, España: Universida Santiago de Comopstela.
- Ramachandran, G. Reddi, A, 1976. *Biochemistry of collagen*.. 1a ed. New Yorik: Springer science+business media, LLC.
- Ramirez, A., 2006. *Reología y análisis de textura de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia.
- Rao, J., 1999. *Introducción a la mecánica de fluidos*. México: Alfa omega. Grupo editorial.
- Ravichandran, K., Saw, N., Mohdaly, A., & Gabr, A., 2011. Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity.. *Food Research International*..
- Rinaudo, M. J., 1993. *Polymer Science*. E.U: s.n.
- Rodríguez, E. y Fernández, A., 2006. Reología de suspensiones preparadas con harina de yuca. *Ingeniería y Desarrollo*, Issue 19, pp. 17-10.

Rodriguez, A., 1999. Changes in carotenoids during processing and storage of foods.. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.*, 1-S(49), pp. 38-47.

Rodríguez, D., 1999. Carotenoides y preparación de alimentos: la retención de los carotenoides provitamina A en alimentos preparados, procesados y almacenados.. *Jhon Snow, Inc./OMNI Project. USA.*

Rosenthal, A., 2001. *Relación entre mediciones instrumentales y sensoriales de la textura de alimentos.* Zaragoza, España: Acribia, S.A.

Roser, S, Mestres. J., 2006. *Productos lácteos. Tecnología.* Ilustrada ed. s.l.:s.n.

Ruiz, A., 2007. Aplicación de Hidrocoloides en Queso Procesado Untable.. En: Valdivia, Chile: s.n., pp. 10-12.

Ruiz, A., 2007. Aplicación de Hidrocoloides en Queso Procesado Untable. (Tesis de Licenciatura). *Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería en Alimentos.*

Sancho, 2002. UNAD. [En línea] Available at: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/301118/301118%20-%20Evaluacion%20Sensorial/leccin_23_analisis_descriptivo_perfil_de_sabor.html [Último acceso: 18 Octubre 2015].

Sañudo, A. Siller, J. Osuma, E., 2008. Pectin solubilization and depolymerization during papaya fruit softening. *Fitotec*, 31(2), pp. 149-155.

SEDAGRO, SIAP, SAGARPA., 2005. Betabel, beta vulgaris var conditiva.

Steffe, F., 1992. *Rheological Methods In Food Process Engineering.* Michigan, USA: s.n.

Stintzing, F., & Carle, R., 2004. Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition.. *Trends in Food Science & Technology.*, 1(15), pp. 19-38.

Utrilla, R. Rodriguez, M. Carrillo, H. hernández, C., 2013. In vitro digestibility, physicochemical, thermal and rheological properties of banana starches.. *Journal Elsevier. Carbohydrate Polymers*, Volumen 101, pp. 154-162.

Vázquez, M., 2007. Fundamentos de la determinación de parámetros reológicos para microorganismos de interés en tratamiento térmico de alimentos.. *Tema Selectos de Ingeniería de Alimentos*, Volumen I, pp. 1-14.

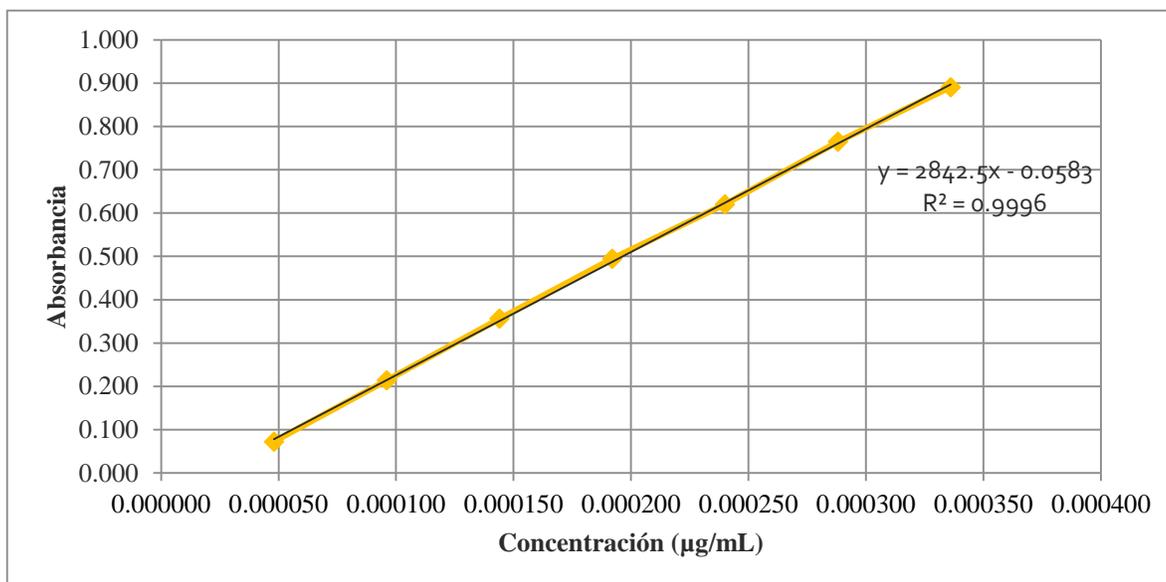
Von Elbe, J. Maing, I. y mundson, C, 1974. Color stability of betain. *Journal of Food Science*, Volumen 39, pp. 334-337.

Wagner, L. Warthesen, J., 2005. Stability of spray-dried encapsulated carrot carotenes. *Journal of Food Science*, Volumen 60, pp. 1048-1052.

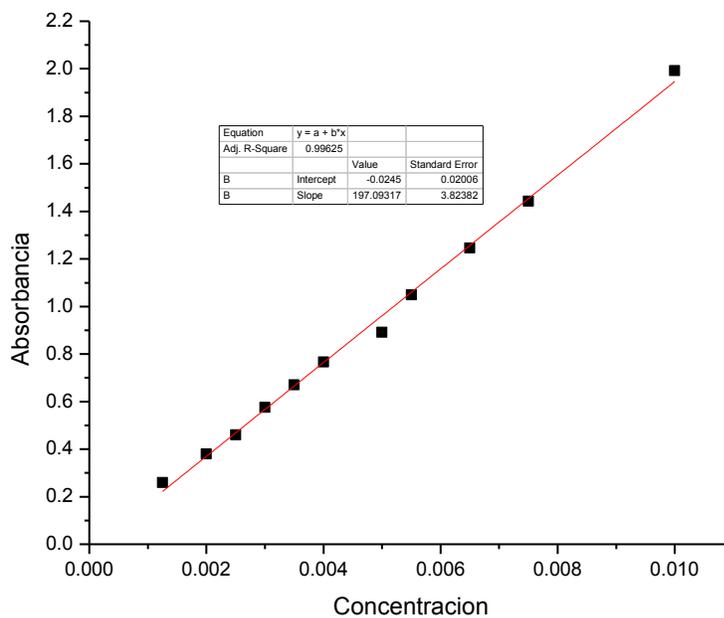
Zang, Q. Chen, J. Millet G, 2013. Nutritional Quality, Processing, and Potential Health Benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, Volumen 12, pp. 281-295.

IX. ANEXOS

- **Anexo 1. Curva de calibración β-caroteno**



- **Anexo 2. Curva de calibración de betanina**



- **Anexo 3. Formato Sensorial**

Frente a usted tiene una pequeña porción del producto mencionado, deguste y por favor marque con una X, el cuadrado que está junto a la frase que mejor describa su opinión sobre el producto que acaba de probar.

- Me gusta mucho
- Me gusta moderadamente
- Me gusta ligeramente
- Ni me gusta ni me disgusta
- Me disgusta ligeramente
- Me disgusta moderadamente
- Me disgusta mucho

- **Anexo 4. Formato Perfil de sabor y textura**

Perfil de Textura

Frente a usted hay dos muestras de untables denominados "Untables naturales", los cuales debe observar y degustar describiendo las características de textura que estén presentes en la muestra.

Marque con una "X" sobre la casilla del término que más describa lo que usted perciba en la muestra. Siendo -5 el valor mínimo de percepción y el 5 el máximo.

Atributo	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Viscosidad											
Gomosidad											
Textura											
Dureza											
Cohesivo											
Adhesivo											

Perfil de Sabor

Frente a usted hay dos muestras de untables denominados "Untables naturales", los cuales debe degustar describiendo las características de textura que estén presentes en la muestra.

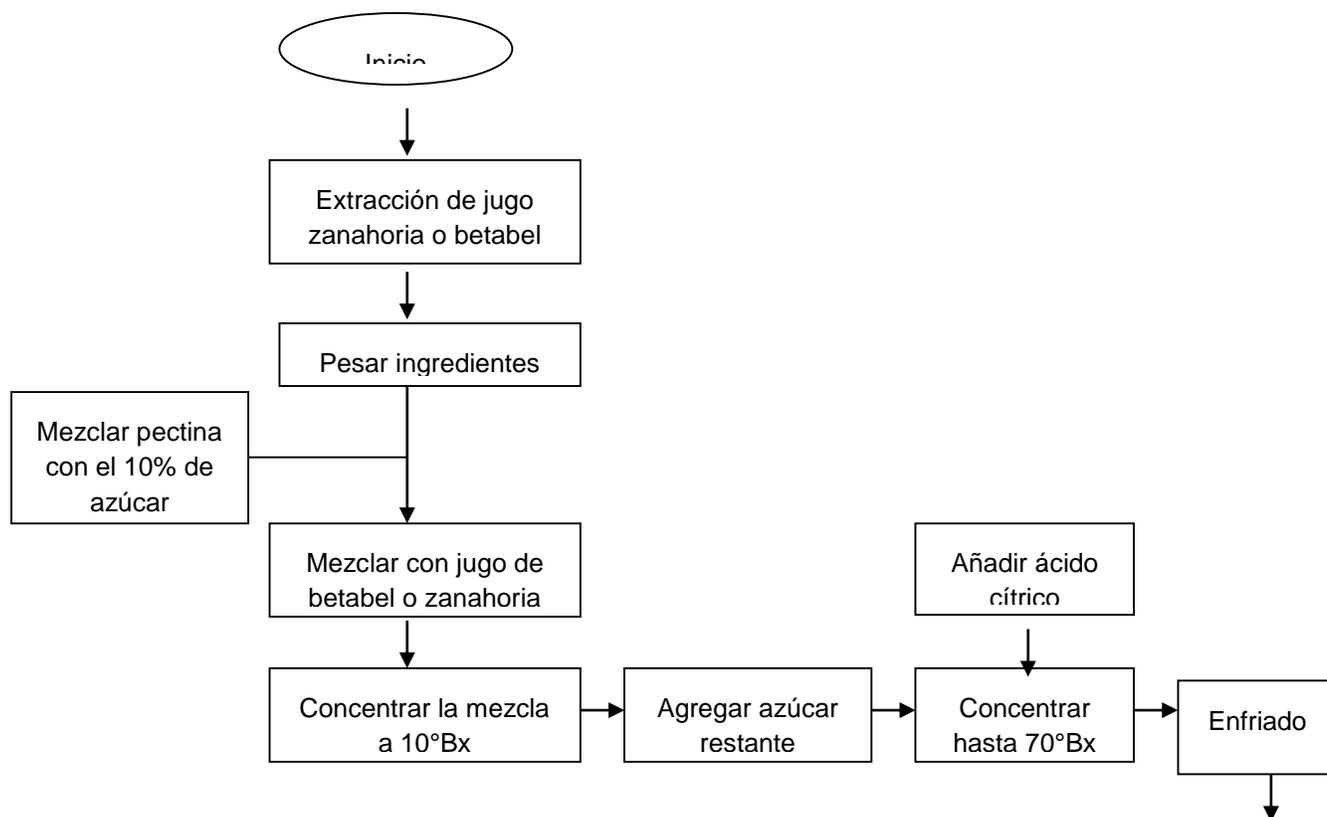
Marque con una "X" sobre la casilla del término que más describa lo que usted perciba en la muestra. Siendo 1 el valor mínimo de percepción y el 10 el máximo

Sabor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Astringencia										
Ácido										
Dulce										
Amargor										
Color										
Sabor										
Olor										
Apariencia general										

- **Anexo 5. Ingredientes básicos para la elaboración de jaleas.**

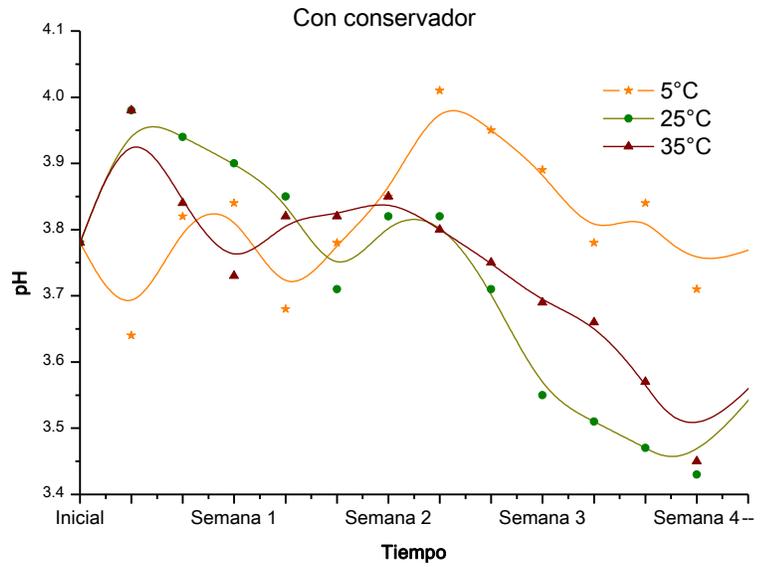
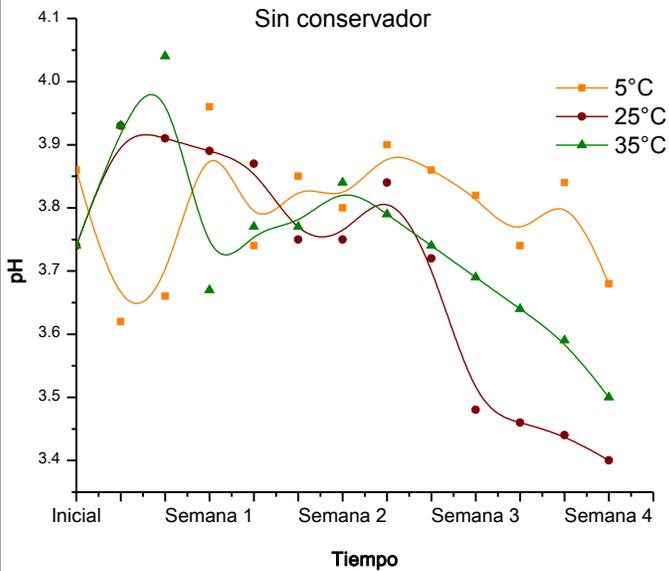
Ingredientes básicos	Descripción
Fruta	La cantidad de fruta utilizada como ingrediente en el producto terminado no deberá ser menor a 45%
Productos alimentarios que confieren un sabor dulce	Azúcares extraídos de frutas (azúcares de fruta) Jarabe de fructosa Azúcar morena
Otros ingredientes autorizados	Se puede utilizar cualquier ingrediente apropiado, en tanto que no se utilicen para enmascarar la mala (baja) calidad del producto y engañar al consumidor.

- **Anexo 6. Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de untable de zanahoria o betabel**

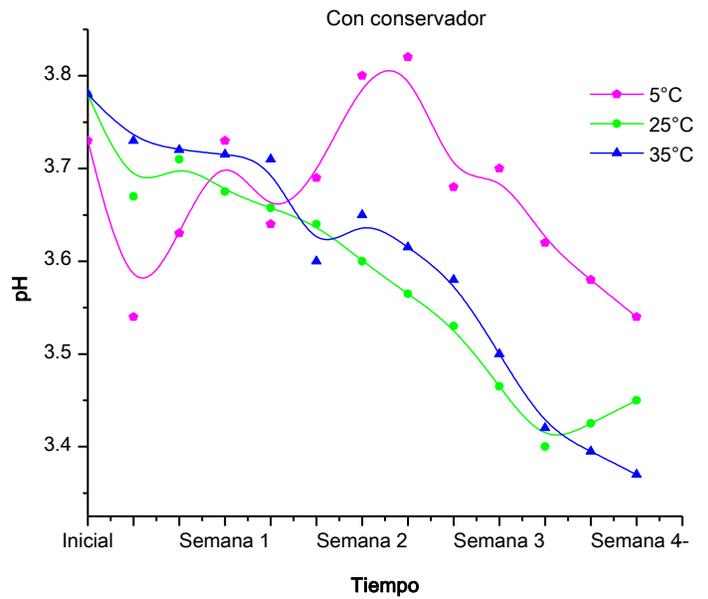
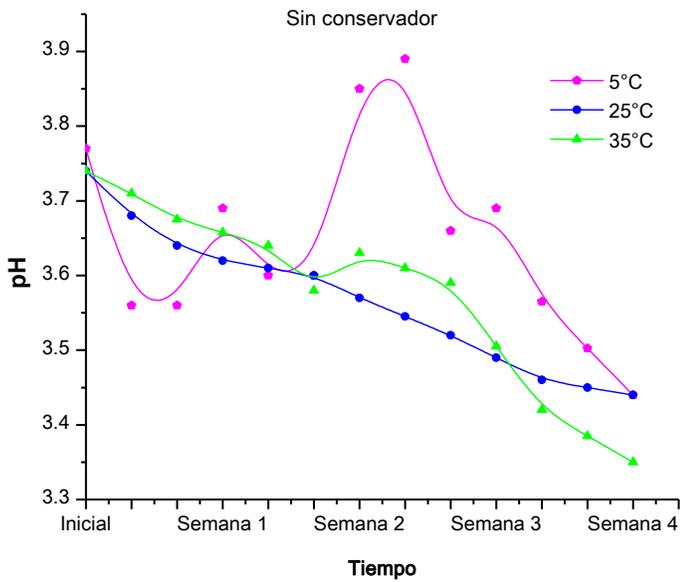


• **Anexo 7. pH Untable de zanahoria sin/con conservador con almacenamiento a 5, 25 y 35°C.**

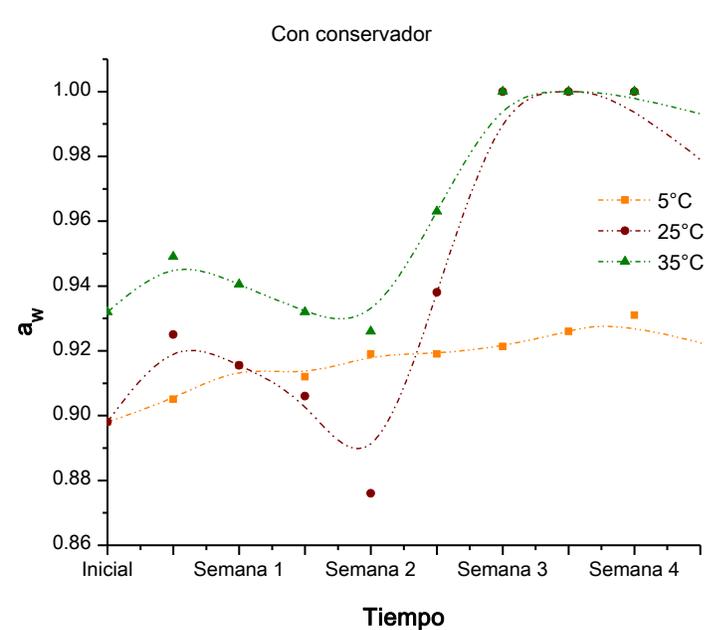
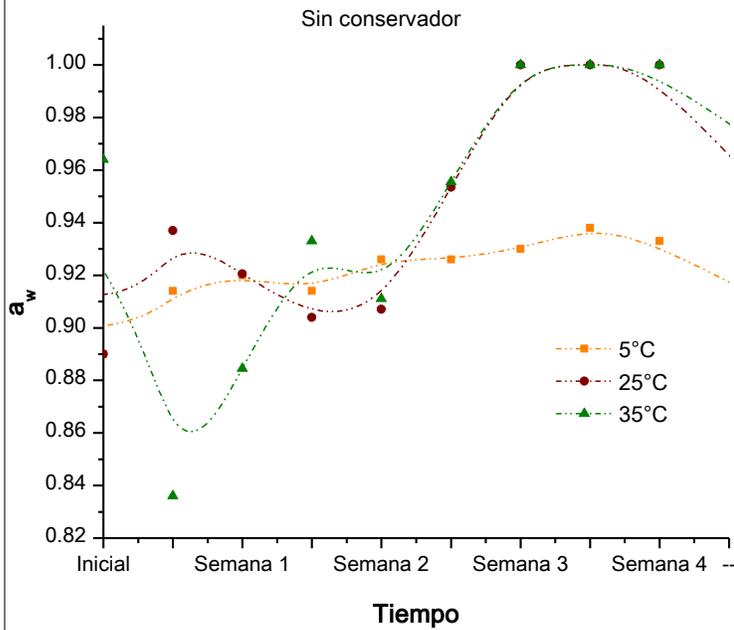
Final



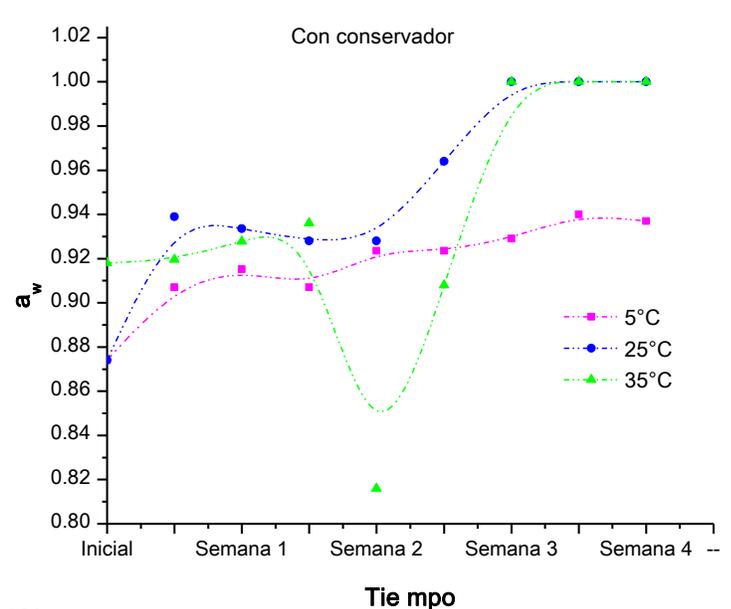
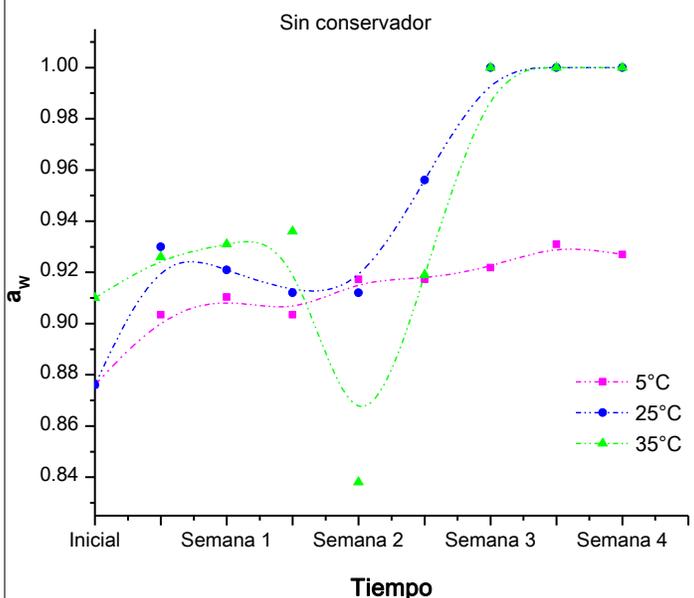
• **Anexo 8. pH Untable de betabel sin/con conservador con almacenamiento a 5, 25 y 35°C.**



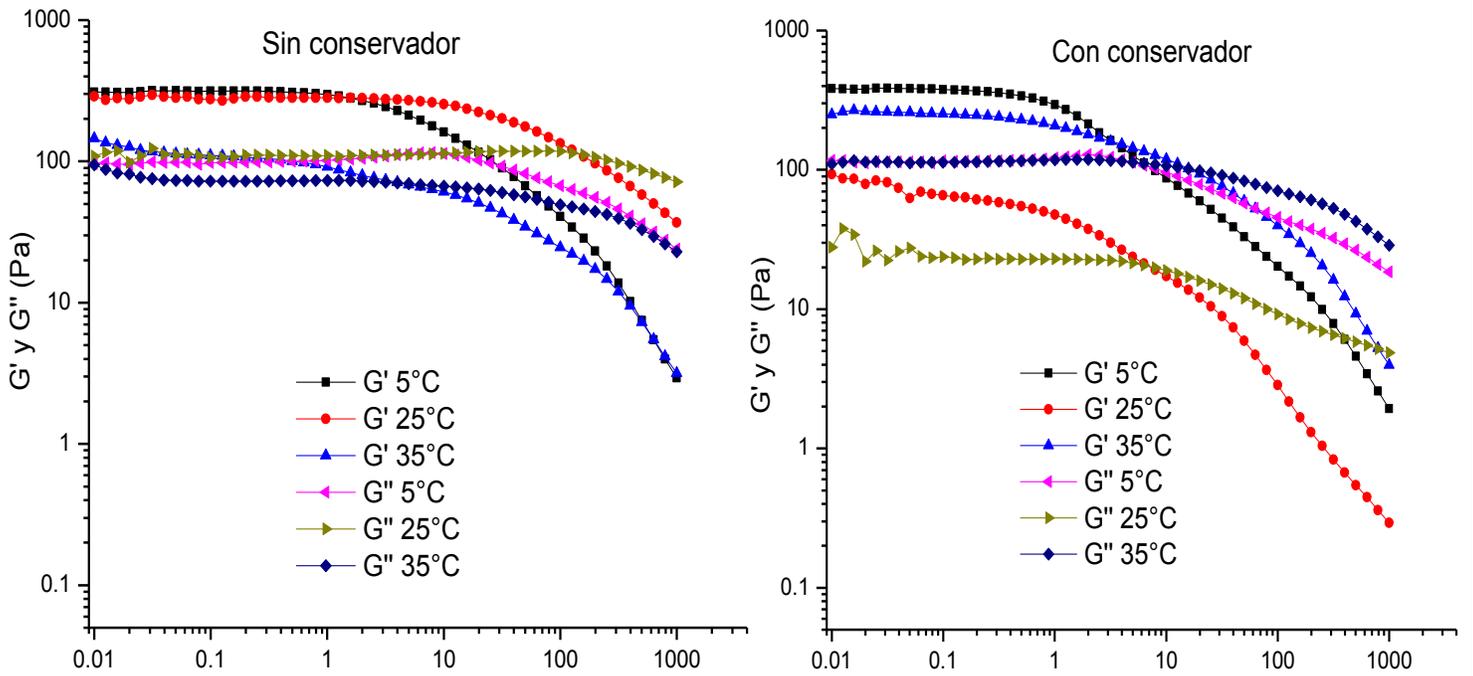
• **Anexo 9. Actividad de agua en untables de zanahoria sin/con conservador con almacenamiento a 5, 25 y 35°C.**



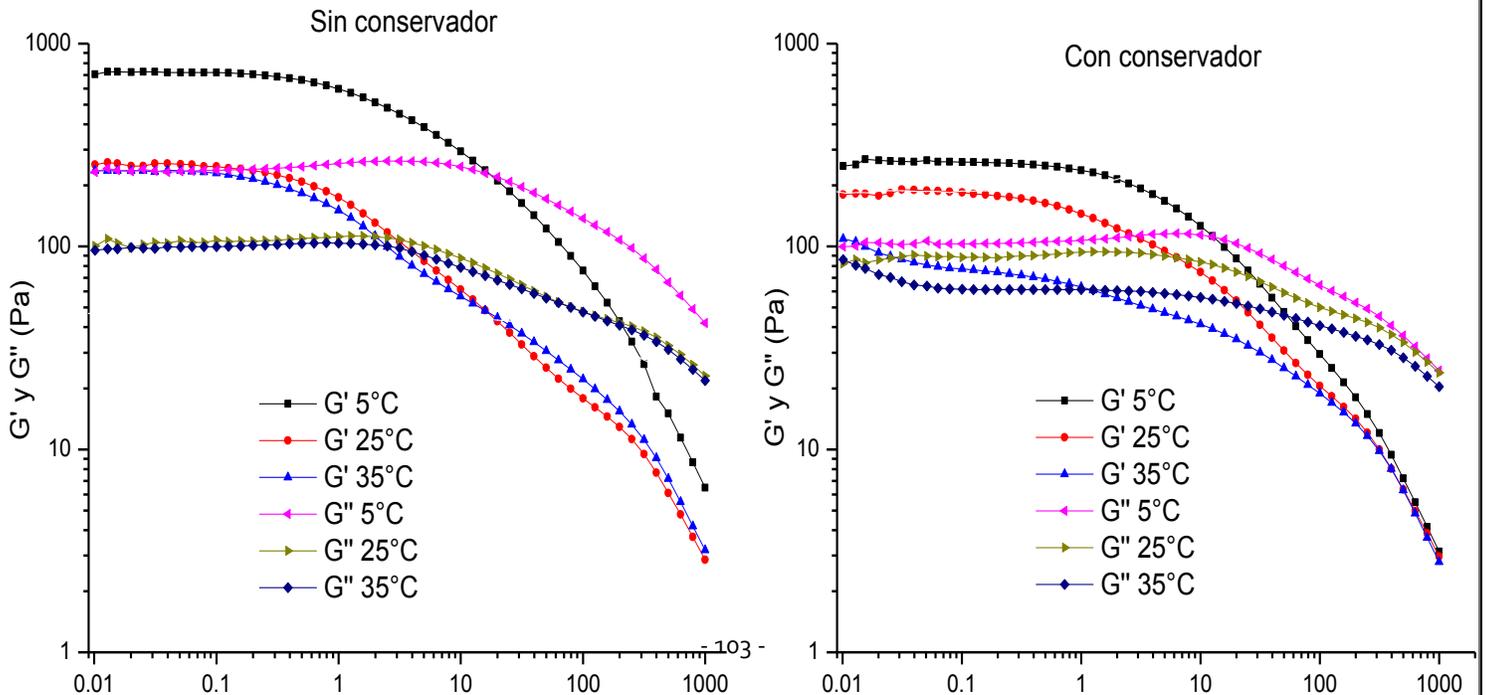
• **Anexo 10. Actividad de agua en untables de betabel sin/con conservador con almacenamiento a 5, 25 y 35°C.**



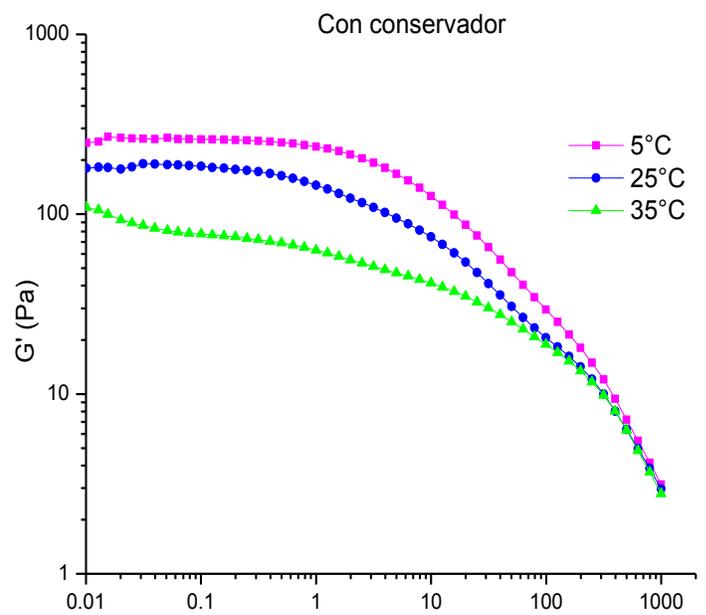
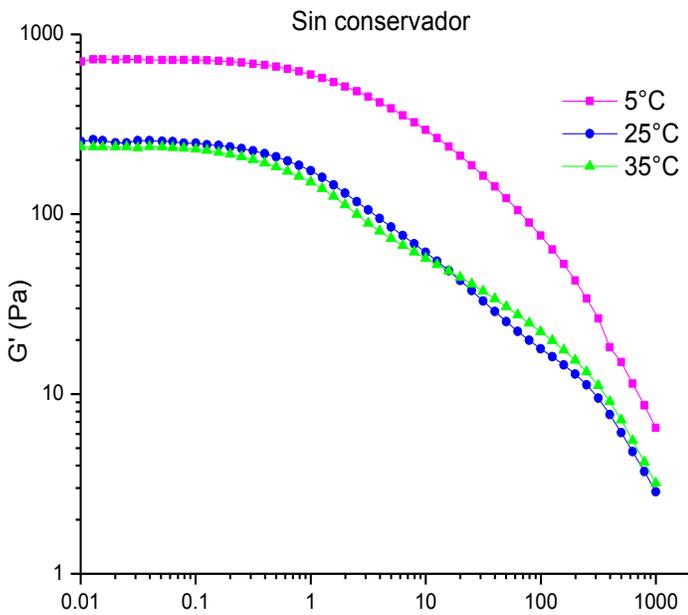
• **Anexo 11. Módulos G' y G'' finales en untables de zanahoria con y sin conservador con almacenamiento a 5, 25 y 35°C**



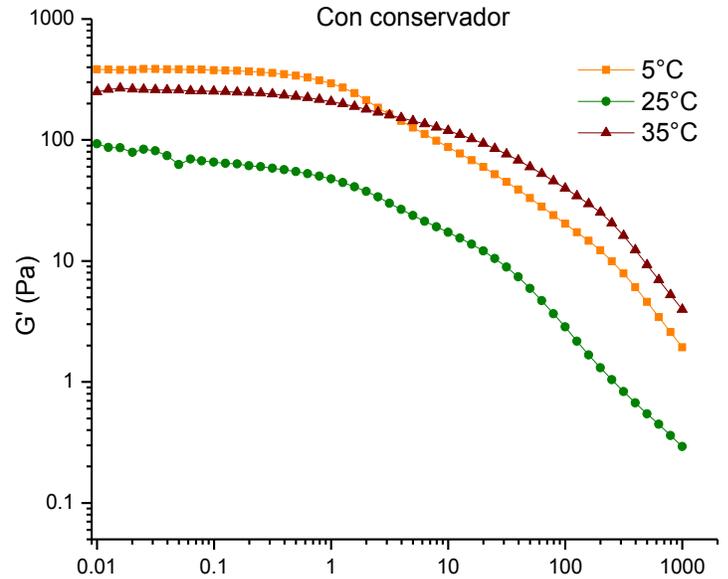
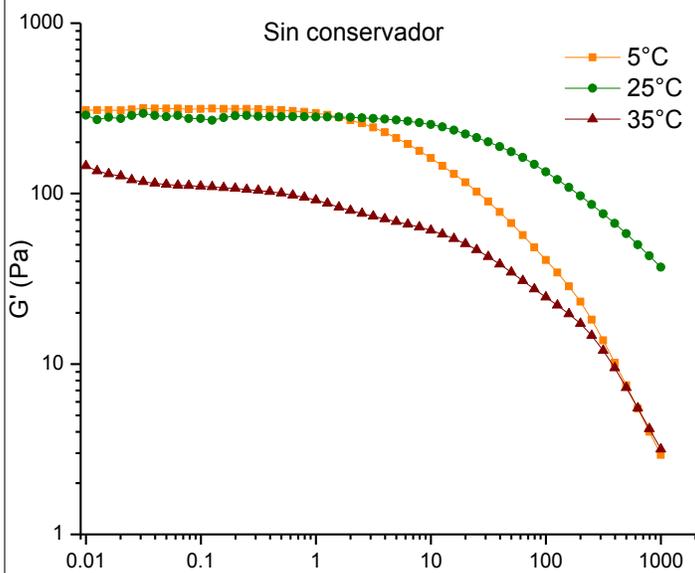
• **Anexo 12. Módulos G' y G'' finales de untables de betabel sin/con conservador con almacenamiento a 5, 25 y 35°C**



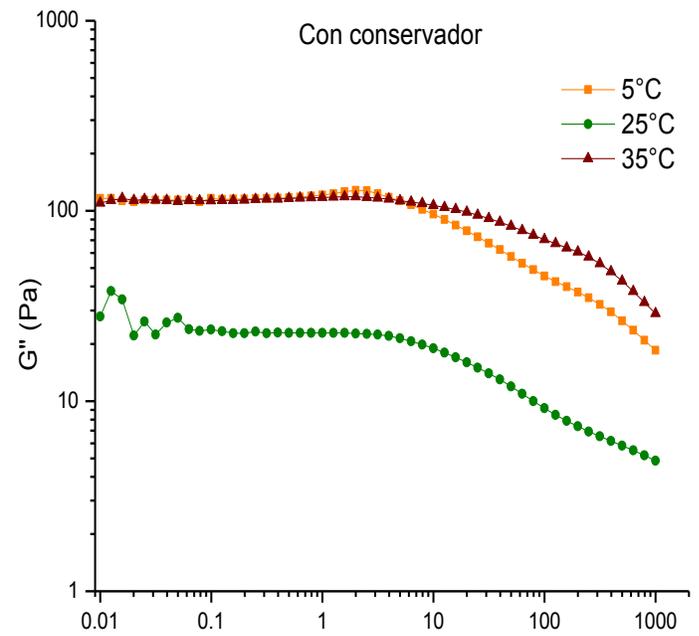
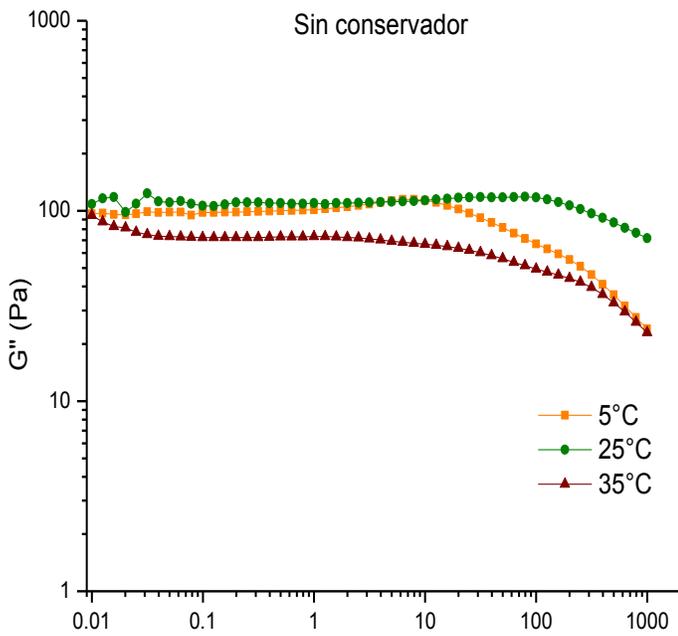
- Anexo 13. Módulo elástico (G') final en untables de betabel sin y con conservador con almacenamiento a 5, 25 y 35°C**



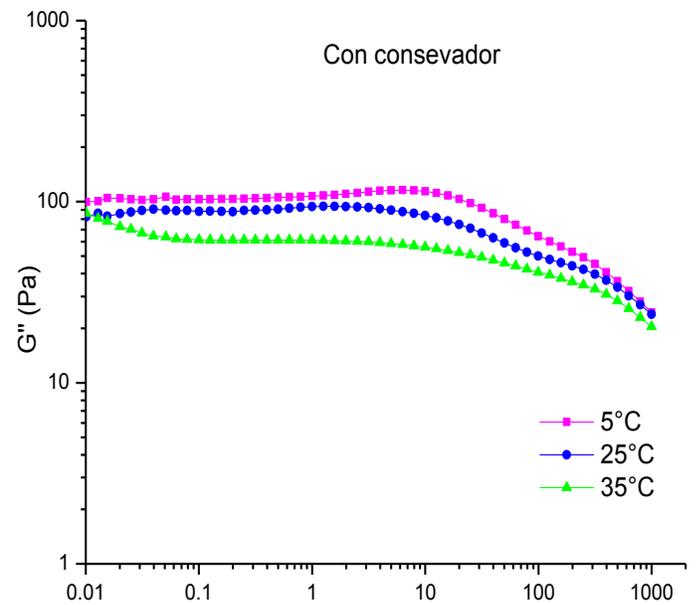
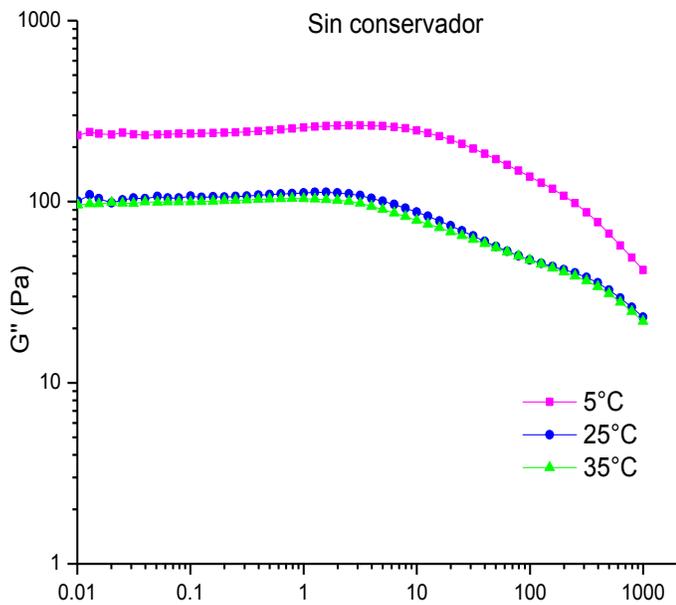
- Anexo 14. Módulo elástico (G') final en untables de zanahoria sin y con conservador con almacenamiento a 5, 25 y 35 °C.**



- **Anexo 15. Modulo viscoso (G'') en untables de betabel sin conservador y con almacenamiento a 5, 25, y 35°C.**



- **Anexo 16. Modulo viscoso (G'') en untables de zanahoria sin conservador y con almacenamiento a 5, 25, y 35°C.**



- **Anexo 17. Resultados perfil de sabor.**

Untable de zanahoria			Untable betabel		
Atributo	Total del puntaje	Promedio aritmético	Atributo	Total del puntaje	Promedio aritmético
Dulce	105	5	Dulce	98	5
Ácido	83	4	ácido	49	2
Astringencia	44	2	Astringencia	55	3
Olor	98	5	Olor	86	4
Sabor	146	7	Sabor	119	6
Intensidad de color	152	8	Intensidad de color	168	8
Amargor	28	1	Amargor	40	2
Apariencia general	151	8	Apariencia general	133	7

- **Anexo 18. Resultados perfil de textura.**

Untable de zanahoria			Untable betabel		
Atributo	Total del puntaje	Promedio aritmético	Atributo	Total del puntaje	Promedio aritmético
Viscosidad	57	3	Viscosidad	58	3
Gomosidad	28	1	Gomosidad	27	1
Textura	55	3	Textura	55	3
Dureza	-28	-1	Dureza	-47	-2
Cohesivo	47	2	Cohesivo	44	2
Adhesivo	24	1	Adhesivo	39	2