

**UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA**



**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS Y BIOQUÍMICA**

**“COMPARACIÓN DEL MÉTODO TRADICIONAL DE EXTRACCIÓN DE  
PECTINA DE LA CÁSCARA DE NARANJA CON EL MÉTODO POR  
ONDAS DE ULTRASONIDO Y SUS EFECTOS SOBRE LA SINÉRESIS  
EN LA ELABORACIÓN DEL YOGURT BATIDO”**

**Tesis para optar el Título Profesional de:  
QUIMICO FARMACEUTICO Y BIOQUIMICO**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. ESPINOZA RODRÍGUEZ, YANETH M.**

**Bach. SANTOS ZAVALA, PERCY JOEL**

**ASESOR:**

**Mg. Q.F. Henry Sam Montellanos Cabrera**

**Fecha de Sustentación: 29 de noviembre del 2018**

**LIMA-PERÚ**

**2018**

## Índice

Acta de sustentación .....	
Dedicatoria.....	
Agradecimientos .....	
Índice de Tablas.....	
Índice de Figuras .....	
Índice de anexos.....	
Resumen .....	
Abstract.....	
Introducción.....	1
1 CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	2
1.2 Problemas.....	3
1.2.1 Problema general .....	3
1.2.2 Problemas específicos.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general .....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Justificación .....	4
1.5 Limitaciones metodológicas .....	5

2	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1	Estado del arte.....	6
2.1.1	Antecedentes nacionales.....	6
2.1.2	Antecedentes internacionales.....	10
2.2.	Bases teóricas .....	14
2.2.1	Aspectos generales de la naranja.....	14
2.2.2	Yogurt.....	21
2.3.	Hipótesis.....	24
2.3.1	Hipótesis general.....	24
2.3.2	Hipótesis específicos.....	24
2.4	Definición de términos básicos.....	24
3	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	26
3.1.	Tipo y diseño de investigación .....	26
3.2.	Población y muestra.....	26
3.3.	Equipos, materiales y reactivos.....	26
3.4.	Procedimientos .....	29
3.5.	Técnica de procesamiento de datos.....	35
4	CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	36
4.1.	Presentación de resultados.....	36
4.1.1	Determinación de la potencia del equipo de ultrasonido .....	36

4.1.2	Propiedades físicas y químicas de la pectina .....	36
4.1.3	Análisis de leche, determinación de sinéresis y pH en el yogurt.....	39
4.1.4	Análisis sensorial.....	42
4.2.	Discusión de Resultados .....	53
5	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	56
5.1.	Conclusiones .....	56
5.2	Recomendaciones .....	57
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58
7	ANEXOS.....	62

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios y mi familia que con tanto esfuerzo me apoyaron en este largo camino

YANETH

Agradezco a Dios, a mis padres y especialmente a mi familia, mi esposa Mary e hijos amados Joel y Abigail

PERCY

## Agradecimientos

A todos los familiares, amigos, docentes, colegas y especialmente a nuestro estimado asesor Mg Q.F. Henry Sam Montellanos Cabrera y Q.F. Carlos Enrique Chinchay Barragán y a todos las personas que nos apoyaron directa o indirectamente para la culminación de esta tesis.

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1 Composición química de la naranja .....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 2 Baño de ultrasonido .....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 3 Presentación de resultados .....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 4 Condiciones iniciales de la leche .....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 5 Determinación de sinéresis del yogurt y pH .....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 6 Tabla de análisis sensorial.....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 7 Yogurt con 0,50% pectina extraída por método tradicional (YPUS2).....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 8 Yogurt con 1,00% pectina extraída por método tradicional (YPUS1).....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 9 Yogurt con 0,50% pectina extraída por US con 2 minutos de tratamiento (YPT2) .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 10 Yogurt con 1,00% pectina extraída por US con 2 minutos de tratamiento (YPT1) .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 11 Análisis de varianza del factor aspecto de los 4 tipos de yogurt .....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 12 Diferencia entre el yogurt YPUS1 y el YPT1.....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 13 Análisis de varianza del factor color de los 4 tipos de yogurt.....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 14 Diferencia significativa con el yogurt YPT1 .....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 15 Análisis de varianza del factor olor de los 4 tipos de yogurt.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 16 Yogurt YPUS2, YPUS1 y YPT2 con respecto al olor.....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 17 Análisis de varianza del factor sabor de los 4 tipos de yogurt.....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 18 El yogurt YPUS2, YPUS1 y YPT2 con respecto al sabor .....</b>	<b>52</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b>	<b>Ácido galacturónico .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 2</b>	<b>Pectina de alto metoxilo .....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 3</b>	<b>Pectina de bajo metoxilo .....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 4</b>	<b>Etapas de la extracción de la pectina .....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 5</b>	<b>Etapas de sinéresis del yogurt .....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 6</b>	<b>Peso equivalente y % metoxilo en yogurt .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 7</b>	<b>% de sinéresis en yogurt .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 8</b>	<b>Aspecto del yogurt .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 9</b>	<b>Color del yogurt .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 10</b>	<b>Olor del yogurt .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 11</b>	<b>Sabor del yogurt .....</b>	<b>44</b>



## Índice de anexos

<b>Anexo 1 Extracción de pectina por método tradicional .....</b>	<b>63</b>
<b>Anexo 2 Extracción de pectina por baño de ultrasonido .....</b>	<b>65</b>
<b>Anexo 3 Determinación de peso equivalente de la pectina .....</b>	<b>66</b>
<b>Anexo 4 Determinación de porcentaje de metilación de la pectina .....</b>	<b>67</b>
<b>Anexo 5 Evaluación de la leche entera.....</b>	<b>68</b>
<b>Anexo 6 Elaboración de yogurt.....</b>	<b>69</b>
<b>Anexo 7 Evaluación de sinéresis del yogurt.....</b>	<b>70</b>
<b>Anexo 8 Evaluación sensorial.....</b>	<b>71</b>

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar y demostrar la actividad de la pectina obtenida por método tradicional y por ultrasonido sobre la elaboración de un yogurt batido para evitar el efecto de la sinéresis. Los análisis y la elaboración de yogurt se realizó en el laboratorio de especialidad de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímica de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Para efectos de esta investigación, la cáscara de naranja fue recolectado en los comerciantes de la provincia de Lima, del distrito de Pueblo Libre, que se dedican a la venta ambulatoria de jugo de naranja. Luego se realizó la extracción de pectina por el método tradicional y aplicando ultrasonido. Se caracterizaron ambas pectinas y fueron comparadas sus propiedades químicas. Posteriormente, se elaboró yogurt con ambas pectinas extraídas a diferentes concentraciones y, finalmente, se realizó la evaluación sensorial y sinéresis. Se obtuvo un yogurt elaborado con 1% de pectina extraída por una aplicación de 2 minutos de tratamiento de ultrasonido que presentó una mínimo sinéresis (16,07%) y logró las mejores características sensoriales, sobre todo con respecto al aspecto del producto final.

**Palabras clave:** yogurt, sinéresis, ultrasonido, pectina

## Abstract

The objective of the present investigation was to evaluate the activity of the pectin obtained by traditional method and by ultrasound on the elaboration of a beaten yogurt to avoid the effect of the syneresis, for which the analysis and the elaboration of yogurt was made in the laboratory of specialty of the Faculty of Pharmaceutical Sciences and Biochemistry of the Inca Garcilaso de la Vega University. For the purposes of this investigation, the orange peel was collected in the merchants of the province of Lima, in the district of Pueblo Libre, who dedicate themselves to the ambulatory sale of orange juice. After pectin extraction was done by the traditional method and applying ultrasound, both pectins were characterized and their chemical properties were compared. Subsequently, yogurt was elaborated with both pectins extracted at different concentrations, and finally the sensory evaluation and syneresis were performed. Obtained a yogurt made with 1% pectin extracted by an application of 2 minutes of ultrasound treatment that presented a minimum syneresis (16.07%) and achieved the best sensory characteristics, especially with respect to the appearance of the final product.

Keywords: yogurt, syneresis, ultrasound, pectin

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años el aumento de desechos de la industria alimentaria nos lleva a ciertos problemas que lo podemos relacionar con el medioambiente que son objeto de preocupación. Se debe tener en cuenta que las adiciones de desechos de naturaleza orgánica fresca causan serios problemas a los vegetales debido a que al principio de todo proceso de descomposición se liberan fitotoxinas, se produce incremento de la temperatura, se reduce la concentración de oxígeno del entorno y la disponibilidad de nitrógeno. Por lo dicho anteriormente, existe una necesidad de dar uso a los desechos orgánicos.

Por otro lado, el yogurt es un producto muy consumido en el país, que suele presentar un defecto bastante común llamado sinéresis, en la cual se aprecia una expulsión de agua hacia la parte externa del gel. Este fenómeno se debe a la baja concentración de proteína en la leche y grasa, deficiente tratamiento térmico y heterogeneidad, excesiva temperatura de incubación, descomposición del coágulo durante el proceso de acidificación y un pH mayor a 4,8. Se suele utilizar hidrocoloides (gomas, CMC, pectina) con el fin de obtener un producto estable. Con el avance de la ciencia, se comienza a utilizar nuevas tecnologías para la extracción de metabolitos muy diferentes a las convencionales, no térmicas, como los ultrasonidos, ya que es una tecnología que acorta el tiempo de extracción, reduce el uso de solvente y energía, incrementa el rendimiento y se mejora la calidad de los concentrados. Se plantea el uso de pectina extraída por estas nuevas técnicas, buscando reducir la sinéresis en yogurt batido.

# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 Descripción de la realidad problemática

En el Perú, los desechos del agro y los de la industria alimentaria son un problema de contaminación ambiental y esto es aún mayor en los derivados de frutas cítricas usados en la elaboración de refrescos como jugos de fruta; por otro lado, en el Perú, hay un déficit de materias primas para la industria química, farmacéutica y alimentaria. Esto nos obliga a buscar los recursos naturales que podrían explotarse. Por tal motivo, es de interés buscar un beneficio de los desechos de frutas cítricas como las cáscaras de naranjas, una fruta muy consumida en el Perú<sup>1</sup>.

El problema más frecuente en productos como el yogurt batido es la formación de sinéresis, el cual se manifiesta por la liberación de agua hacia la parte externa del gel del yogurt. Este fenómeno se debe a la baja concentración de proteína en la leche y grasa, heterogeneidad, temperatura elevada de incubación, descomposición del coágulo durante la acidificación y un pH mayor a 4,8. Es una práctica común la adición de hidrocoloides o gomas en la industria alimentaria con el fin de obtener un producto estable. Se han estudiado las gomas de las semillas de leguminosas, como la *Cyamopsis tetragonoloba* (goma guar) y la *Ceratonia siligua* (goma de garrofín) y también muchos estudios donde se evalúa el efecto que produce distintas concentraciones de gelatina, carboximetilcelulosa (CMC) y pectina sobre el fenómeno de sinéresis (%) y la textura de yogurt batido, logrando algunas avances en tecnología de alimentos<sup>4</sup>.

Se sabe que la pectina, está conformado por unidades de ácido D-galacturónico, y que, durante los diferentes procesos de obtención de pectina, ocurre el rompimiento de los enlaces éster metoxílicos y glucosídico, que trae como consecuencia una disminución de la calidad, debido que las pectinas son más cotizadas cuantas menos degradaciones presentan. Por otro lado, con el avance de la tecnología, se empieza

a utilizar nuevas técnicas de extracción muy diferentes a las tradicionales, no térmicas, como los ultrasonidos, ya que es una tecnología que permite reducir el tiempo de extracción, disminuir el consumo de energía, incrementar el rendimiento y optimizar la calidad de los metabolitos extraídos<sup>14</sup>.

Dado que en diversos procesos tecnológicos es una práctica común utilizar temperaturas elevadas y que las pectinas pierden su calidad a altas temperaturas, se considera interesante la extracción de pectinas por ultrasonido, ya que este método no utiliza altas temperaturas y de esta manera se podrá mejorar su posterior uso en la estabilidad de un yogurt batido<sup>14</sup>.

Por lo descrito líneas arriba nos planteamos la siguiente pregunta de investigación. ¿Cuál será la actividad de la pectina de la cáscara de naranja obtenida por método tradicional y por ultrasonido sobre la elaboración de un yogurt batido para evitar el efecto de la sinéresis?

## 1.2 Problemas

### 1.2.1 Problema general

¿Cuál será la actividad de la pectina de la cáscara de naranja obtenida por método tradicional y por ultrasonido sobre la elaboración de un yogurt batido para evitar el efecto de la sinéresis?

### 1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Cuál de los métodos de extracción se podrá encontrar mayor cantidad de pectina no fraccionada?
2. ¿Cuál de los métodos de extracción se podrá encontrar pectina con mayor cantidad de grupos metoxilados?
3. ¿De qué manera la calidad sensorial del yogurt, dependerá del método de extracción de pectina?

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo general

Demostrar la actividad de la pectina obtenida por método tradicional y por ultrasonido sobre la elaboración de un yogurt batido para evitar el efecto de la sinéresis

### 1.3.2 Objetivos específicos

1. Evaluar el mejor método de extracción de pectina no fraccionada de la cáscara de naranja para la elaboración de yogurt batido.
2. Evaluar el mejor método de extracción de pectina con mayor cantidad de grupos metoxilados para la elaboración de yogurt batido.
3. Determinar la calidad sensorial del yogurt con pectina extraída por ultrasonido.

## 1.4 Justificación

En el Perú, las ventas de frutas cítricas han ido aumentando a un ritmo de 40% por año, aunque representa el 1 por ciento de las ventas totales a nivel mundial. Se estima que si el crecimiento se mantiene, podría obtenerse una participación de interés en el mercado mundial, siendo Junín y luego Lima las ciudades de mayor producción en el Perú<sup>1</sup>.

La presente investigación ha considerado usar la cáscara de naranja (*Citrus X Sinensis*), para la extracción de pectina, debido que en los últimos años existe un aumento de producción de naranjas, que trae consigo grandes volúmenes de esta cáscara como residuo de la industria alimentaria.

Por otro lado, se está considerando optimizar la extracción de pectina asistida por un equipo de baño por ultrasonidos por ser una técnica económica y de fácil manejo<sup>2</sup>. Además, los ultrasonidos suelen ser utilizados comúnmente con una gran variedad de solventes y de esta forma se facilita la extracción de compuestos termolábiles

usando bajas temperaturas<sup>3</sup>. Esta nueva técnica podría reemplazar la extracción tradicional de pectina, en la que se utiliza altas temperaturas.

Se conoce que la formación de sinéresis en yogurt, es muy frecuente, el cual se caracteriza por la liberación de agua hacia el exterior del gel formado por el yogurt. Esto da una consistencia nada apreciable para un yogurt del tipo batido. Este fenómeno se suele disminuir utilizar hidrocoloides tipo gomas, pectina o CMC.

Es posible que la pectina extraída con ultrasonido sea de mejor calidad que la extraída por los métodos tradicionales y de esta forma, sea aplicada al yogurt batido, como estabilizantes e inhibidores de la sinéresis del yogurt.

Además, el consumo de yogurt batido aumenta cada día, debido a su facilidad de uso, su alto valor biológico, calcio y bacterias <sup>4</sup>.

Por otro lado, existe una tendencia a nivel mundial en utilizar los desechos orgánicos, como una alternativa de recuperar residuos inocuos y obtener subproductos económicos.

### 1.5 Limitaciones metodológicas

La limitación más importante es la falta de normas técnicas, sobre los diversos tipos de yogurt, que han ido apareciendo en el tiempo, y no se tiene referencias legales sobre las limitaciones en cuanto a las propiedades físico-químicas de las variedades de yogurt.



## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Estado del arte

#### 2.1.1 Antecedentes nacionales

Mori C, (2017)<sup>5</sup>. Realizó un estudio titulado “Efecto de la carragenina y sacarosa en la actividad de agua, pH, sinéresis y acidez del yogurt”. El objetivo de este trabajo fue elaborar un yogurt con actividad de agua (aw) estable por la incorporación de concentraciones de azúcar blanca y carragenina. Además, los autores pretendieron también evaluar otras propiedades fisicoquímicas del yogurt (como el pH, capacidad de retención de agua y sinéresis) durante el almacenamiento. La actividad de agua (aw) del producto final permaneció constante en el periodo de almacenamiento (15 días) y quedó demostrado que la carragenina actuó estabilizando la unión del agua a los constituyentes de la leche como las proteínas. El valor del pH se incrementó conforme se aumentó la concentración de sacarosa y carragenina y se obtuvo valores máximos para concentraciones de 10,0 y 1,0 por ciento, respectivamente; sin embargo, el pH fue bajando a lo largo del tiempo de almacenamiento, debido a la producción de ácido láctico. La capacidad de retención de agua (CRA) aumentó conforme se incrementó la concentración de sacarosa y carragenina obteniendo valores máximos para concentraciones de 10,0 y 1,0 por ciento, respectivamente; además, la CRA aumentó durante el tiempo de almacenamiento, debido a la propiedad hidrofílica de la sacarosa y carragenina. Finalmente, el fenómeno de la sinéresis del yogurt aumentó a una concentración de carragenina del 0,5 por ciento, sin embargo, disminuyó a una concentración del 1,0 por ciento; además, los autores manifiestan que la sinéresis se incrementó a lo largo del tiempo de almacenamiento (15 días).

Doumenz P, (2017)<sup>6</sup>. Realizó un estudio titulado “Aprovechamiento de la cáscara de tuna (opuntia ficus indica) en la elaboración de yogurt griego con fibra soluble”.

El objetivo de esta investigación fue elaborar un yogurt tipo griego con incorporación de cierta cantidad de cáscara de tuna, con evaluación de muestras buscando el de mayor aceptación sensorial por el público. Además, los autores evaluaron las

propiedades físicas y químicas, determinaron el tiempo de vida útil del producto. Se elaboró una mezcla a base de yogurt griego a la cual se le adicionó la mezcla de cáscara de tuna en 03 concentraciones diferentes: 5, 10 y 15 por ciento. Para el análisis sensorial, se seleccionó 10 panelistas entre los estudiantes, los cuales aplicaron una prueba afectiva, donde se analizó el color, aroma, sabor y textura de las muestras del yogurt donde se le adicionó cáscara de tuna, aplicando la prueba hedónica de escala del 1 al 9. La muestra de yogurt que resultó con mejor puntaje y, la que arrojó mayor aceptación para el público, fue la muestra de yogurt con 10% de cáscara de tuna. La mejor combinación de yogurt, obtuvo un pH de 4,28, el yogurt de mejor aceptación, es la que presenta 10% de cáscara de tuna con un pH de 4,37. La acidez del yogurt con 10% de concentración, fue de 1.05% de ácido láctico. Por otro lado, el autor determinó la humedad, para ello, las muestras de yogurt las llevó a estufa a 105°C por 8 horas, de esta forma determinó el porcentaje de sólidos solubles en la muestra patrón y en las diversas muestras, donde incluyó la de mayor aceptación. Obtuvo como resultado 54.13% S.S para la muestra patrón y 57.87% S.S para el yogurt de mayor aceptación<sup>14</sup>.

Martínez S, (2016)<sup>7</sup>. En su investigación, “Evaluación de la viscosidad y el color del yogurt batido con adición de goma de tara (*caesalpinia spinosa*) como estabilizante a diferentes concentraciones”, tuvo como objetivo principal analizar la reología y el color del yogurt batido al adicionar goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) a diferentes proporciones 0, 0.02, 0.04 y 0.06 por ciento. Los autores también evaluaron las características físicas y químicas del yogurt batido con la incorporación de goma de tara, como la acidez, pH, densidad relativa, viscosidad y color. La autora obtuvo viscosidades de 0.978, 1.178, 2.040 y 1.019 Pa-s, de esta forma demostró que la viscosidad tiene una relación directa a 0.04 % de concentración, cuando se llega a 0.06 % de concentración la viscosidad disminuye en gran proporción, las pruebas estadísticas demostraron que hay diferencia significativa entre los diferentes tratamientos con relación al patrón. Con respecto a las propiedades organolépticas, se demostró que el tratamiento que cumplió con la mayor aceptabilidad fue el de 0.04 % de concentración de goma de tara.

Baltazar R. *et al* (2013)<sup>8</sup>. En su investigación, “Optimización de las condiciones de extracción de pectina a partir de cáscara de limón francés (*Citrus medica*) utilizando la metodología de superficie de respuesta”, tuvo como objetivo general obtener la mejor temperatura y el mejor pH de extracción de pectina usando como materia prima cáscara de limón. Para optimizar los resultados, usaron la metodología de superficie de respuesta. En la extracción, trabajaron en un rango de pH de 1,0 - 3,0 y un rango de la temperatura 70 - 90°C. Los autores determinaron valores óptimos para la extracción de pectina, encontraron una temperatura de 70-80°C y un pH de 1-1,5; por otro lado, obtuvo una pectina con peso molecular de 30666.912 g/mol. Los investigadores demostraron que, si es posible la extracción de pectina usando cáscaras limón como materia prima, y aplicaron tiempos de extracción constante, con pH de 1 a 1,5 y temperatura entre 70 y 80°C<sup>8</sup>.

Cardenas A, *et al* (2013)<sup>4</sup>. Desarrollaron el trabajo “optimización mediante diseño de mezclas de sinéresis y textura sensorial de yogurt natural batido utilizando tres tipos de hidrocoloides”. Plantearon como objetivo estudiar el efecto del gel carboximetilcelulosa (CMC), gelatina y pectina, sobre la sinéresis (fenómeno bastante frecuente en yogurt batido) y textura del yogurt batido. El modelo matemático adecuado para representar el comportamiento de cada variable es el modelo cuadrático dando con valores de  $R^2$  de 0,951 para sinéresis y 0,932 para textura. Los autores llegaron optimizar las combinaciones para obtener valores de sinéresis bajos cerca del 24.29% y mayor puntaje en textura, un promedio de 3.7 (me gusta moderadamente). Así mismo, encontraron una mezcla óptima con 0.24 de carboximetilcelulosa, 0.005% de gelatina y 0.004% de gelatina y 0.24 de pectina. Sus resultados fueron validados, comparados con yogurt natural con las proporciones óptimas de los geles<sup>4</sup>.

Vera R, Rodríguez A. (2013)<sup>9</sup>. En su trabajo, “Efecto de la adición de caseinato de sodio y gelatina sobre la viscosidad, sinéresis y tiempo de fermentación en yogurt batido”. Tuvo como objetivo evaluar el efecto del caseinato de sodio en diferentes

concentraciones (0.00, 1.00, 2.00 y 3.00 por ciento) y gelatina (0.00, 0.30 y 0.60 por ciento) sobre propiedades físicas como la viscosidad, sinéresis y la cinética de fermentación en yogurt batido. Los autores utilizaron 3% de cultivo de yogurt y utilizaron incubación a 45 °C. Los investigadores llegaron a demostrar que la adición de caseinato y gelatina tienen efectos importantes sobre la cinética de fermentación, sinéresis y viscosidad. Por otro lado, encontraron que el yogurt batido con caseinato y gelatina seguía un comportamiento de fluido no newtoniano, del tipo plástico general. Al aumentar el porcentaje de gelatina y caseinato, trae como consecuencia la disminución del porcentaje de fenómeno de sinéresis, el menor resultado se obtuvo con 3.00% de caseinato y 0.60% de gelatina. En cuanto a la reología la viscosidad, aumentó con la concentración del caseinato y gelatina en 2,150 mPa.s. Por otro lado, la cinética de fermentación en el yogurt batido disminuyó de 300 a 180 minutos con caseinato al 3.00% y gelatina al 0.30%<sup>9</sup>.

Simanca M, Andrade R, y Arteaga M, (2013)<sup>10</sup>. En su trabajo “Efecto del salvado de trigo en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del yogurt de leche de búfala”. Tuvo como objetivo evaluar el efecto que produce la incorporación de salvado de trigo en concentraciones diversas 0, 1, 3 y 5% p/v y su vida útil en almacenamiento en las cuanto a las propiedades físicas, químicas y sensoriales del yogurt de búfala. Al yogurt obtenido se le realizaron ensayos fisicoquímicos como % de acidez, pH, grasa butírica, sólidos totales, sinéresis y análisis sensorial, para este último se utilizó una escala hedónica de 9 puntos con 50 panelistas. La incorporación de salvado de trigo al yogurt tiene un efecto directamente proporcional sobre parámetros físicos y químicos como la acidez, sinéresis, sólidos totales y densidad, y en relación inversamente sobre el pH y la aceptación sensorial del producto. Al determinar la vida útil del producto se observó un aumento de la acidez y sinéresis, lo cual se determinó la pérdida de calidad del yogurt. El análisis sensorial demostró que el yogurt con leche de búfala con 1% de incorporación de salvado de trigo presenta características organolépticas similares al yogurt con leche de búfala sin adición de fibra<sup>10</sup>.

### 2.1.2 Antecedentes internacionales

Curbelo C, *et al* (2017)<sup>11</sup>. En su investigación, “Hidrólisis ácida del bagazo de aloe vera (sábila) para la obtención de pectina” tenían como objetivo principal la extracción de pectina usando como materia prima sábila. Los investigadores caracterizaron el bagazo de la sábila y luego estudiaron los factores que podrían influir en su extracción como el potencial de hidrogeno, la temperatura, el tiempo de extracción, el diámetro de la partícula y la velocidad con que se realiza la agitación y como variable respuesta el rendimiento de pectina (%). Obtuvieron sus mejores resultados a 90°C con 1000 1/min, llegaron los investigadores a la conclusión que se puede obtener un producto de gelificación de mayor rapidez, soluble en solventes polares y de alto grado de metoxilo”<sup>11</sup>.

De los Santos H, (2017)<sup>12</sup>. En su trabajo “Efecto del almidón aislado del cotiledón de mango en yogurt”, presentaron como objetivo general evaluar el efecto de sinéresis del almidón aislado de la semilla de Mango “Tommy Atkins” (*Mangifera indica*) en la elaboración de un yogurt, y además presentaron como objetivos específicos la determinación de las propiedades funcionales del almidón, recuperado del cotiledón de Mango “Tommy Atkins” (*Mangifera indica*), observar el efecto de diferentes concentraciones de almidón utilizado como parámetros de calidad y vida de anaquel en yogurt y posteriormente su evaluación sensorial el producto obtenido.

En este trabajo, se llega a la conclusión que los valores químicos de la harina y almidón presentan valores menores a lo reportado con otros autores, esto debido a la variedad del cotiledón de mango en el estudio. El Poder de hinchamiento y temperatura de gelatinización presenta resultados menores a los reportados con la variedad de otras fuentes de almidones nativo, lo cual se deduce que la cantidad de amilosa/amilopectina en el almidón del cotiledón de mango. Otros autores indican que entre menor contenido de amilosa contenga el almidón de mango la temperatura de gelatinización es más estable.

Los tamaños de granulo de almidón son de 12.29 micrómetros, diversos autores reportan tamaños de fuentes de almidón de 15.80 micrómetros; por lo cual el almidón de mango se encuentra en el promedio de los valores. El efecto de sinéresis se ve

disminuida en una concentración de 1% de almidón a diferencia de las concentraciones de 0.5 y 0.75 por ciento; autores relacionan el efecto de la sinéresis con otras variedades de mango con efecto del 5 por ciento, lo cual demuestra que el almidón de mango reduce un 0.7 por ciento menos en el yogurt. La mejor concentración de almidón del 1 por ciento presenta las óptimas características en el yogurt<sup>12</sup>.

Mora M (2017)<sup>13</sup>. En su trabajo “Proceso Tecnológico para la Elaboración de Yogurt Batido Aplicando las Normas INEN 2395:2011”, se estableció como objetivo principal describir el proceso de elaboración de yogurt batido aplicando un diagrama de flujo donde detallan cada uno de los procesos y parámetros operacionales, basándose en las normas Ecuatoriana de Normalización (INEN), así mismo, el investigador elaboró un LAY OUT donde se representa la distribución de las áreas y de los equipos utilizados en el proceso de elaboración del yogurt. Por otro lado, buscaron controlar los problemas que afectan su calidad e inocuidad desde la obtención de la materia prima, si mismo elaboraron un plan HACCP donde se determinaron los puntos de control, que den soluciones a problemas y asegurar la calidad del producto para alcanzar la satisfacción del cliente<sup>13</sup>.

Barreto G, Púa A, De Alba D, y Pión M, (2017)<sup>14</sup>, en su trabajo “Extracción y caracterización de pectina de mango de azúcar (*Mangifera indica* L.)”, se plantearon como objetivo extraer y posterior caracterización de la pectina a partir de la cáscara de mango. Los investigadores utilizaron un modelo factorial  $3^2$ , evaluaron los factores influyentes de pH 1,2 y 3 y temperatura con 80, 90, 100 °C. Los investigadores presentaron como resultados para la extracción de pectina pH=1 y temperatura 100 °C. Además, al caracterizar la pectina encontraron un peso equivalente 2326,420 mg/mEq, con un % de metoxilo  $11,801 \pm 0,03\%$ , grado de esterificación  $81,688 \pm 0,24\%$ . Los autores llegaron a la conclusión que la pectina obtenida es de alta calidad<sup>14</sup>.

Campo Y, *et al* (2016)<sup>31</sup> en su investigación “Efecto del pretratamiento con ultrasonido en la extracción de pectina contenida en el albedo del maracuyá (*passiflora edulis*)”. Se planteó como objetivo general el efecto del tratamiento con ultrasonido (US) en la extracción de pectina a partir del albedo de la fruta de maracuyá, las muestras de albedo fueron expuestas a 40 KHz, durante un tiempo de 10, 20 y 30 minutos. Posteriormente, se aplicó un tratamiento por hidrólisis ácida relación 1:3 %p/v con calentamiento de 80 Celsius por 30 tiempo de minutos con agitación constante a 700 rpm. Luego se buscó precipitar con etanol al 96% en una relación (1:1) (%v/%v). Los investigadores determinaron que las muestras tratadas a 40 KHz/45°C/20 min, obtuvieron un 40% de aumento en el rendimiento de extracción de pectina comparada con las muestras control; llegando a la conclusión que el punto óptimo de extracción, se da con estos factores, debido, probablemente, a la disminución del pH y al efecto de cavitación<sup>31</sup>.

Pérez J, Rodríguez J, y Arteaga M. (2016)<sup>15</sup>. En su trabajo, “Efecto de almidón del ñame (*Dioscorea rotundata* P.) y batata (*Ipomea batatas* L.) sobre sinéresis en yogurt”, se planteó como objetivo analizar el efecto que produce el almidón de ñame espinoso (*Dioscorea rotundata*) y el almidón modificado químicamente de *Ipomea batatas*(batata) sobre el fenómeno de la sinéresis del yogurt batido a niveles de 0,1 y 0,5%. Además, los autores emplearon pectina a iguales concentraciones para establecer una relación con los geles y gomas comerciales. El yogurt lo elaboraron, según lo publicado por Cárdenas *et al.* (2013)<sup>4</sup>, y la determinación de sinéresis se calculó según el procedimiento publicado por Säker (2011). Realizaron, posteriormente, el test de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Los resultados demuestran que los almidones modificados químicamente no mostraron disminución en los % sinéresis en comparación con un tratamiento control (41,40 por ciento p/p). El mejor tratamiento para reducir la sinéresis a 29,65 por ciento p/p, fue utilizando pectina en una concentración de 0,5 por ciento<sup>15</sup>.

Portilla R, (2015)<sup>16</sup>. En su investigación “Utilización de diferentes niveles de okara en la elaboración de yogurt tipo I”. Presentaron como objetivo general evaluar el efecto

de adición de okara en el yogurt tipo I, ajustado bajo un diseño completamente al azar. La okara reportó un contenido de proteína en base seca contiene 23,76%, grasa 13,41% de grasa, su ingrediente de interés como aditivo funcional es su considerable contenido de fibra de 18,50%. La adición de okara es proporcional a los parámetros medidos: pH, viscosidad, sólidos totales, ceniza, proteína, fibra y P; y fue inversamente proporcional al contenido de azúcares totales y grados Brix, determinándose diferencias significativas entre los tratamientos<sup>16</sup>.



## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Aspectos generales de la naranja

#### 2.2.1.1 Origen

La naranja tiene cerca de 20 millones de años de antigüedad en China. Luego se expande por toda Asia. Posteriormente, los árabes, introdujeron esta fruta a Europa. Cuando se estableció en Europa, se expandió en América gracias a los portugueses y españoles. En 1493, según lo escrito por fray Bartolomé de las Casas, Cristóbal Colón en su segundo viaje a América, llevó, semillas de naranjas a Centroamérica. Luego, se descubrieron unas naranjas con mayor dulzor en Bahía (Brasil), los españoles llevaron la naranja a la Florida en Estados Unidos en el siglo XVI y los misioneros europeos introdujeron la variedad Navel Washington en California<sup>17</sup>.

#### 2.2.1.2 Clasificación taxonómica

Según Bailón, R. (2006)<sup>18</sup>

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden : Sapindales

Familia: Rutáceas

Género: Citrus

Nombre científico: Citrus sinensis L.

#### 2.2.1.3 Fruto

El fruto del naranjo es un hesperidio (esférico), de diverso tamaño, de color amarillo o amarillo dorado. La pulpa está conformada desde 8 a 12 gajos, que son un conjunto de celdillas que encierran las semillas y el zumo de color amarillo, de sabor dulce<sup>19</sup>.

#### 2.2.1.4 Composición química

La composición por 100 gramos de fruto de naranja:

**Tabla 1 Composición química de la naranja**

Energía	40 Calorías
Agua	88.5 g
Proteína	0.6 g
Grasa	0.2 g
Carbohidratos	10.1 g
Fibra	0.4 g
Ceniza	0.6 g
Calcio	23.0 mg
Fósforo	51.0 mg
Hierro	0.2 mg
Tiamina	0.09 mg
Riboflavina	0.04 mg
Niacina	0.36 mg
Ácido ascórbico	92.3 mg

Fuente: Collazos, C. (1993)<sup>20</sup>

Además, contiene ácidos cítrico, fórmico y ácido oxálico; también contiene un aceite esencial y vitaminas A, B, C, D y E.

#### 2.2.1.5 Pectina

Estructura y composición

Siccha y Lock (1992)<sup>21</sup> manifiestan que los hidrocoloides o gomas suelen ser usados en la agroindustria como estabilizante, emulsionante o espesante, mejorando de esta forma la textura y acción coagulante. Se han investigados otras gomas extraídas de

leguminosas, como la *Cyamopsis tetragonoloba* (goma guar) y la *Ceratonia siligua* (goma de garrofín) y también hay estudios donde se evalúa el efecto de diferentes concentraciones de gelatina, carboximetilcelulosa (CMC) y pectina sobre el fenómeno de sinéresis en % y textura de yogurt batido desde el punto de vista organoléptico, logrando algunas mejoras (Cárdenas, et al, 2013)<sup>4</sup>.

Las pectinas es un constituyente de interés de la pared celular de los vegetales y sobre todo de frutos cítricos. Químicamente son polisacáridos altamente hidrofílico que pueden absorber agua hasta quinientas veces su propio peso (Chinchay 2017)<sup>30</sup>.

Las pectinas abarcan un amplio grupo de polisacáridos con una estructura conformada por moléculas de ácido D-galacturónico unidas por enlaces glucosídicos  $\alpha$ -D-(1,4), en la cual solo algunos carboxilos presentes en el ácido galacturónico pueden estar esterificados con metilos o en forma de sal (Badui, 2006)<sup>22</sup>.

Las pectinas suelen ser utilizados por su propiedad de formar geles, propiedad que depende de factores como su masa molecular y su grado de esterificación (que a su vez dependen de la tipo y calidad de materia prima, de las condiciones de su extracción, etc.), y por factores extrínsecos, como el potencial de hidrogeno, las sales dispersas y la presencia de carbohidratos. Las pectinas se emplean en la elaboración de gelatinas, helados, sopas y mermeladas, también es usado en la industria farmacéutica y química de polímeros. La materia prima que con frecuencia son utilizados para la extracción de pectina son los residuos de manzana y cítricos.

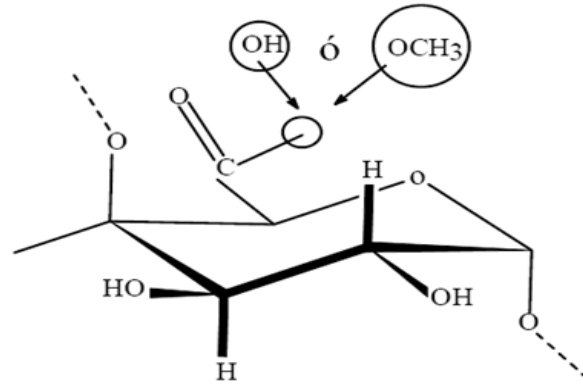


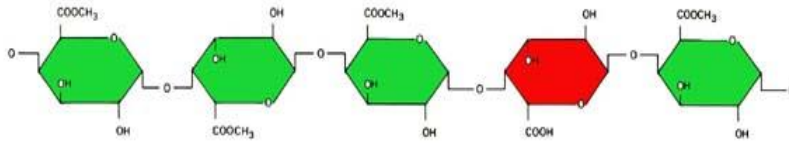
Figura 1 Ácido galacturónico

Existe 2 variedades de sustancias pécticas: los ácidos pectínicos, que contienen ácidos poligalacturónicos como un bajo % esteres metílicos, y los ácidos pécticos, que son moléculas de ácido poligalacturónicos sin esterificación. Se puede definir las pectinas como ácidos pectínicos con diferentes grados de esterificación, que contiene entre 200 a 1000 moléculas de ácido galacturónico. También, existe la protopectina, altamente esterificada y muy insoluble en agua, que está alojada en los tejidos de frutos inmaduros y es esta protopectina la que le da la propiedad rígida; sin embargo, la acción de la protopectinasa hace que se conviertan en pectinas más solubles o ácidos pectínicos, en un proceso que se le denomina de maduración y que trae como respuesta el ablandamiento del fruto (Badui, 2006)<sup>22</sup>.

Las pectinas tienen el grupo carboxilo que está protonado a un pH menor que 3; en forma ionizada ( $\text{COO}^-$ ) a pH mayor que 3, o como éster ( $\text{COOCH}_3$ ).

### ***Pectinas de alto metoxilo***

Son pectinas que presentan ácido galacturónico con más del 50% de los grupos carboxilos esterificado y, por lo tanto, no pueden reaccionar con los iones calcio.



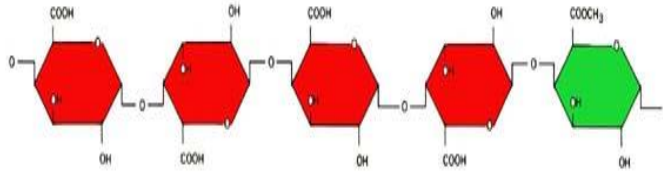
**Figura 2 Pectina de alto metoxilo**

La esterificación de pectinas de alto metoxilo es un factor de interés en sus propiedades, se conoce que, a mayor esterificación, mayor es la temperatura de gelificación. Las pectinas de alto metoxilo tiene la propiedad de formar geles en un pH alrededor de 2,8 y 3,5 y un contenido de carbohidratos entre 60% y 70%.

Los grupos carboxilos de la pectina que se encuentran protonados, forman puentes de hidrogeno entre sí o con los grupos hidroxilos de molécula del contorno de la pectina (Badui, 2006)<sup>22</sup>.

### ***Pectinas de bajo metoxilo***

Son pectinas que presentan grupos carboxilo con menos del 50% de esterificación. Para la formación de un gel, es necesario la presencia de calcio y un pH cerca de 2,8 a 6,5, ya que al tener estas condiciones los carboxilos se encuentran ionizados y pueden presentar fuerzas físicas de atracción electrostática con otras moléculas de pectina mediante el calcio +2; de esta forma se forma el gel, a esto se conoce que, los grupos hidroxilos del ácido galacturónico forman puentes de hidrogeno con moléculas como el agua. Para la conformación de un gel no se requiere de sacarosa, pero la incorporación de porción baja ayuda a dar mayor rigidez, puesto que ayuda a la interacción carboxilo-calcio<sup>24</sup>.



**Figura 3 Pectina de bajo metoxilo<sup>24</sup>**

#### 2.2.1.6 Propiedades físico químicas

La pectina depende de las condiciones de extracción, de su masa molecular y del grado de esterificación que son factores intrínsecos; también, los factores como el pH, las sales dispersas y la presencia de disacáridos (Stephen, et al, 2006)<sup>23</sup>.

La viscosidad en pectinas, aumenta a mayor grado de esterificación. A temperatura ambiente y a pH alrededor de 2.8 y 3.2. Las pectinas son altamente solubles en agua cuanto mayor es su grado de esterificación. Las soluciones que presentan una carga negativa (aniones) suelen presentar incompatibilidades con algunos productos alimenticios (Muñoz 2011)<sup>24</sup>.

#### 2.2.1.7 .Usos de la pectina

Se suele utilizar como agente gelificante en mermeladas, pudines, también tiene la propiedad de estabilizar emulsiones, helados, da viscosidad en refrescos y también es usado en soluciones para recubrir salchichas (Ferreira 2007)<sup>25</sup>.

En industria farmacéutica, las pectinas se emplean por su acción desintoxicante, evita el colesterol, usado también en inmunología, es antihemorrágica y cicatrizante; prolonga el efecto al retardar los tiempos de liberación de los principios activos (Muñoz F 2011)<sup>24</sup>.

Por otro lado, un rubro actual de mucho interés es el uso de pectina en la industria de leche, la pectina con alto % metoxilo da ciertas características a los productos lácteos, como estabilizar los yogurts bebibles y los que han recibido tratamiento con UHT y, también, para combinar leche y jugos de fruta. Por otro lado, también se presenta un efecto estabilizante en bebidas lácteas con soya y productos a base de trigo, donde se evita la desnaturalización de proteínas. Es común usar almidones modificados como espesantes, por su bajo precio, pero presentan el inconveniente de enmascaramiento del aroma y textura irregular y se puede sustituir con ciertas ventajas por pectina de bajo metoxilo (2010)<sup>26</sup>.

#### 2.2.1.8 Extracción

Se puede obtener pectina con alto grado de pureza por precipitado de la pectina con iones de carga positiva que forman con ellos sales insolubles ( $Al^{+3}$ ) y luego se realiza un proceso de lavado con alcohol para eliminar los iones añadidos, o se puede realizar precipitación directa con alcohol, de los alcoholes que más frecuentemente son etanol e isopropanol (Belitz, Grosch, Schieberle, 2009)<sup>27</sup>.

Se sabe que la pectina, es un polímero conformado por unidades de ácido D-galacturónico contenido en la molécula, y que, durante la obtención de pectina, por el tratamiento térmico que se le impone, se produce la hidrólisis de los enlaces metoxílicos y glucosídico, que trae como consecuencia una disminución de la calidad de pectina, puesto que en el mercado internacional las pectinas con menos degradaciones son las que mayor se cotizan. Por otro lado, con el avance de la tecnología se empieza a utilizar nuevas técnicas de extracción muy diferentes a las convencionales, no térmicas, como los ultrasonidos, ya que es una tecnología que se caracterizan por acortar el tiempo del tratamiento de extracción, energía, existe un aumento en el rendimiento del proceso y mejora la calidad de los extractos (Wang L. y Weller C. 2006)<sup>28</sup>.

## 2.2.2 Yogurt

### 2.2.2.1 Definición

Según la Norma Técnica Peruana ITINTEC 202.092-1989, “Yogurt es el producto obtenido por la coagulación de la leche y la acidificación biológica, mediante la adición de fermentos lácteos de las especies *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* a partir de la leche entera, parcialmente descremada, reconstituida, recombinada, con un tratamiento térmico antes de la fermentación”.

Es un producto elaborado por fermentación, de carácter semisólido hecho a base de leche por actividad simbiótica de bacterias lácticas (Parra R, Espinosa, 2011)<sup>7</sup>. Así mismo, se podría considerar un producto obtenido por fermentación de leche con adición de cultivos iniciadores liofilizadas que además de lactobacillus y streptococo podrían ser también *Lactobacillus delbrueckii* ssp (Blanco et al, 2006). El proceso del yogurt tiene como objetivo provocar la disminución de pH de la leche hasta alcanzar el punto isoeléctrico de la leche (aproximadamente 4,6) y producir para la coagulación (Pauletti et al., 2003)<sup>29</sup>.

### 2.2.2.2 Características

La estructura del yogurt es un grupo de moléculas (micelas) de caseína adheridas las una a las otras, sobre estas micelas se adhieren otras proteínas como las del suero, las cuales se encuentran desnaturalizadas por el calor. Por presentarse como una red continua el yogurt, se presenta como un gel y propiedades viscoelásticas. En el yogurt batido, el gel debe romperse y presentarse como un fluido con propiedades no – newtoniano, con alta viscosidad, lo que hace que los diferentes yogures como los batidos y coagulados tengan consistencias propias.

La textura organoléptica del yogurt, se debe principalmente a que, a un pH cercano al punto isoeléctrico de la caseína, aumenta la reología de la leche hasta valores cercanos a 8000 – 12000 cp (centipoises)<sup>29</sup>.



Debido a que la fermentación del yogur no se detiene durante su distribución, almacenamiento y comercialización, se presenta un aumento de la acidez en el yogur. Así mismo, se puede presentar un sabor amargo por causa de la proteólisis.

La sinéresis es un efecto no deseable del yogur batido, mas no del yogur coagulado, que se caracteriza al separarse el suero de los componentes sólidos del producto y se debe a que se presenta una reorganización de la red, produciéndose un aumento del número de enlaces de las partículas, por lo cual esta red formada se contrae y libera el líquido hacia el exterior de la red (Chinchay 2017)<sup>30</sup>. Este fenómeno ocurre por los bajos niveles de proteína en la leche, tratamiento térmico deficiente y heterogeneidad, además también se presenta por temperatura elevada de incubación, destrucción del coaguló durante la acidificación y un pH mayor a 4,8 (Cárdenas et al, 2013)<sup>4</sup>. Cuando los geles formados por caseína están alrededor de un pH de 4 a 5, se reduce la tendencia a la sinéresis.

Para el yogur del tipo batido, una sinéresis no es deseable, se logra observar un gel que se rompe y se presenta una mezcla heterogénea de coágulos y suero. Para disminuir este defecto, se suele dar un tratamiento térmico de la leche a temperatura baja, aproximadamente a 32 °C o menos (Chinchay 2017)<sup>30</sup>.

#### 2.2.2.3 Elaboración de yogur batido

Se suele utilizar leche entera, pectina y cultivo láctico. Las etapas realizadas para la elaborar yogur batido son los siguientes:

**Recepción:** A la leche entera se le determina propiedades físicas como la acidez, pH y densidad con el fin de conocer las características iniciales de la materia prima.

**Estandarización:** Se aplica calor al producto lácteo hasta 70 °C, luego se adiciona la pectina (0.25% del hidrocoloides), estos polímeros suelen ser mezclados con azúcar antes de su incorporación con el fin de dispersarlos y así evitar la formación de conglomerados al ser adicionados a la leche.

**Pasteurización:** se incrementa la temperatura de la leche hasta 85°C por un tiempo de quince minutos, con la finalidad de disminuir la carga microbiana.

**Enfriamiento:** luego se necesita reducir la temperatura de la leche hasta 40-42°C, para el crecimiento del cultivo láctico.

**Inoculación:** Se adiciona el cultivo láctico en un rango de 2% v/v de la cantidad de total de leche.

**Incubación:** Se realiza durante un tiempo de 5-10 horas, dependiendo de las condiciones del equipo, a temperatura alrededor de 40±2°C hasta alcanzar un pH de 4,5.

**Enfriamiento:** Cuando se llega a un pH de 4.5, se detiene el proceso de fermentación y así va disminuyendo la temperatura hasta 10±2 °C; se conoce que los microorganismos lácticos no pueden desarrollar a esta temperatura.

**Batido:** Se realiza la agitación con la finalidad de romper el coágulo por un tiempo de 2 minutos.

## 2.3 Hipótesis

### 2.3.1 Hipótesis general

La pectina extraída por método de ultrasonido tiene mayor actividad que la obtenida por método tradicional durante la elaboración de un yogurt batido evitando los efectos de la sinéresis.

### 2.3.2 Hipótesis específicos

1. La pectina extraída por método de ultrasonido tiene mayor cantidad de pectina no fraccionada que la obtenida por método tradicional.
2. La pectina extraída por método de ultrasonido tiene mayor cantidad de grupos metoxilados que la obtenida por método tradicional.
3. La calidad sensorial del yogurt depende del método de extracción de pectina.

## 2.4 Definición de términos básicos

**Hidrocoloides:** Moléculas muy hidrofílicas, pueden ser polisacáridos como la goma xántica, los galactomananos, los derivados del almidón o proteínas como la gelatina<sup>37</sup>.

**Pectinas:** Polímeros muy hidrofílico que pueden absorber agua en su interior hasta quinientas veces su propio peso<sup>24</sup>.

**Pectinas de alto metoxilo:** Son pectinas conformadas por ácido galacturónico donde más del 50% de los grupos carboxilos se encuentra esterificado con metanol y por este motivo no tiene las condiciones de enlazarse con iones calcio<sup>24</sup>.

**Reología:** propiedad física que se encarga de la evaluación de la deformación de un fluido y el estudio del flujo de materiales causadas por la aplicación de un esfuerzo. La reología en los alimentos es compleja<sup>7</sup>.

**Sinéresis:** es un fenómeno de efecto no deseable del yogurt donde se observa el suero separado de los demás sólidos del producto<sup>34</sup>.

**Yogurt:** producto lácteo que se obtiene por coagulación de la leche por acidificación biológica, se usa comúnmente *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, pero se puede usar otros fermentos lácteos de diversas especies inocuas<sup>34</sup>.

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

### 3.1 Tipo y diseño de investigación

**Tipo:** La investigación es básica, porque tiene como fin directo determinar el efecto de la pectina sobre la sinéresis del yogurt batido, y experimental, ya que se analizará la causa y efecto.

**Nivel:** será transversal y cuantitativo.

**Diseños de investigación:** Esta investigación, tiene un diseño experimental, ya que se desea comprobar los cambios mediante ensayos aleatorios.

### 3.2 Población y muestra

La población corresponde a la cantidad de pectina obtenida de 3 kilos de cáscara de naranja.

Se considera 20g de pectina extraída de la cascara de la naranja.

### 3.3 Equipos, materiales y reactivos

#### **Material biológico**

- Cáscara de naranja
- Leche entera

#### **Material de vidrios y otros**

- 04 luna de reloj
- 04 Pipetas volumétricas
- 04 propipetas
- 04 fiolas de 50 mL
- 04 probetas
- tubos de ensayo
- 04 baguetas

- Espátula de metal
- vaso precipitado de 250 mL
- vaso precipitado de 1 L
- embudos
- matraz Erlenmeyer,
- frascos de vidrio con tapa
- mascarilla
- gorros
- hisopos
- papel filtro
- 03 gradilla
- gotero
- guantes
- mortero de porcelana,
- espátula,
- papel kraft

### **Equipos e instrumentos.**

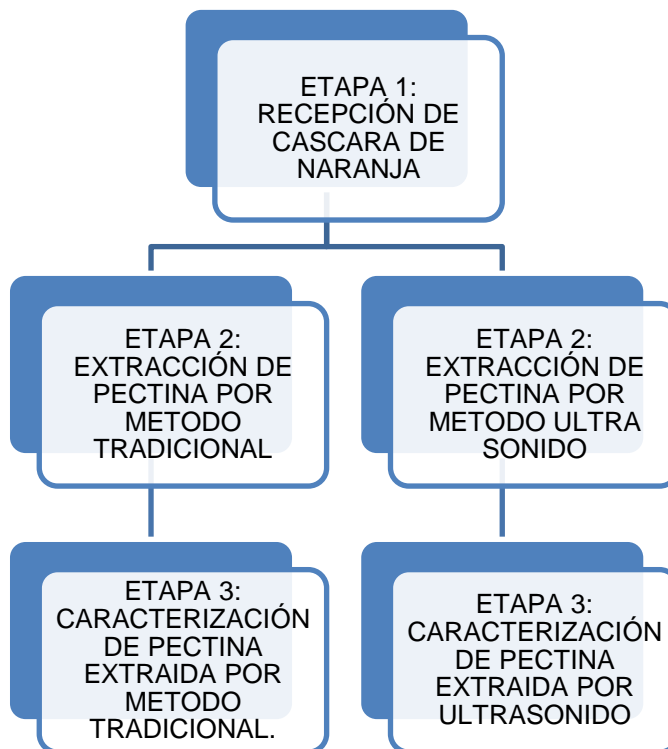
- Estufa
- Baño maría
- Balanza analítica
- Refrigerador
- cocinilla eléctrica.
- Yogurtera
- Potenciómetro
- centrifuga

## **Reactivos.**

- Agua destilada
- Ácido clorhídrico 35%
- Fenolftaleína
- Hidróxido de sodio

### 3.4 Procedimientos

El procedimiento experimental de este estudio presenta las siguientes etapas:

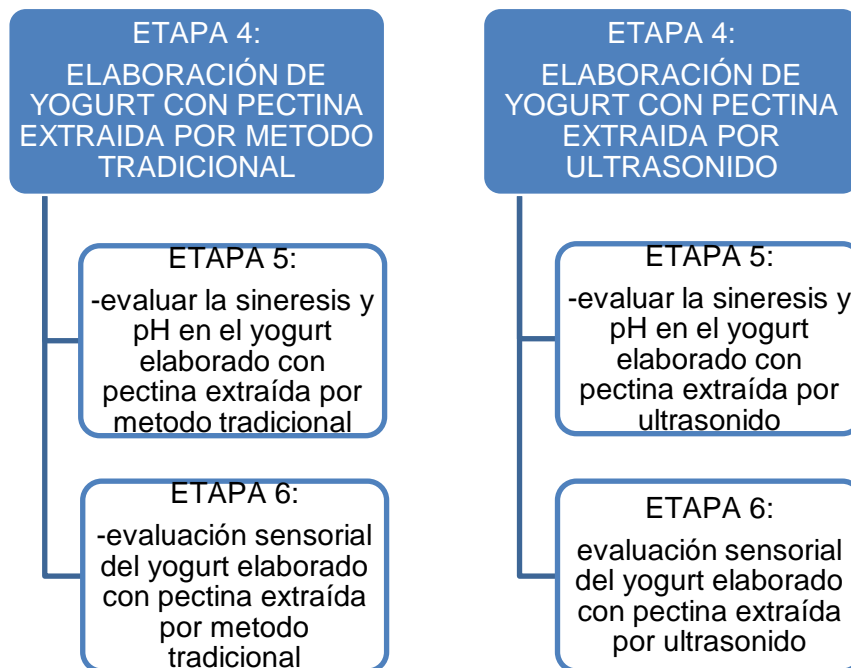


**Figura 4 Etapas de la extracción de la pectina**

Luego se determina las mejores condiciones para la extracción de pectina (determinar peso equivalente y % metoxilo) por el método tradicional y por ultrasonido.

Para la extracción de pectina, se utilizará el equipo de ultrasonido a diferente tiempo y a una determinada intensidad.





**Figura 5 Etapas de sinéresis del yogurt**

Para el análisis de sinéresis en yogurt se utilizará el *método de Guinee y col, 1995*

### **Etapa 1: Recepción de la cascara de naranja**

La cáscara de naranja es obtenida de los comerciantes de la provincia de Lima, distrito de Pueblo Libre, que se dedican a la venta ambulancia de jugo de naranja. Se realizó el lavado de cáscara con agua potable y se separó las cáscaras que presentaban alteraciones físicas o microbiológicas (anexo 01).

### **Etapa 2: Extracción de pectina**

#### **Extracción de pectina por método tradicional**

- Se realiza el pesado de la cáscara.
- Se desactivan las enzimas presentes en la cascara del cítrico calentando a 100°C durante 3 min.
- Se escurre y tritura para facilitar la extracción.
- Se realiza una hidrólisis acida con ácido cítrico hasta obtener un pH=2,5.

- La hidrólisis ácida se realiza durante 30 minutos desde que se inicia punto de ebullición, con agitación constante.
- Se filtra y se retira el bagazo.
- Se realiza una precipitación con un volumen del 80% de etanol de 96G.L. con respecto a la solución obtenida.
- Se filtra y se seca a 40°C por 12 horas.
- Es necesario una molienda con el fin de homogenizar el tamaño de la partícula y mejorar la apariencia de la pectina (anexo 02).

### **Extracción de pectina por baño de ultrasonido**

- Se realiza el pesado de la cáscara.
- Se desactivan las enzimas presentes en la cascara de frutas cítricas calentando a 100°C durante 3 min.
- Se escurre y tritura para facilitar la extracción
- Se realiza una hidrólisis acida con ácido cítrico hasta obtener un pH=2,5.
- La hidrólisis ácida se realizó en el equipo de ultrasonido por 1, 2, 4 y 8 minutos a 41,86 W. de potencia.
- Se filtra y se retira el bagazo.
- Se realiza una precipitación con un volumen del 80% de etanol de 96G.L con respecto a la solución obtenida.
- Se filtra y se seca a 40°C por 12 horas.
- Para homogenizar el tamaño de la partícula y mejorar la apariencia de la pectina, se realizó una molienda (anexo 03).

**Tabla 2 Baño de ultrasonido**

tratamiento	1	2	3	4
tiempo (min)	1	2	4	8

**Fuente: Elaboración propia**

### **Etapa 3: Caracterización de pectina**

#### **Peso equivalente (anexo 04).**

- Se pesa 0,25 g de pectina
- Se coloca en un matraz de 250 mL y se adiciona 2 mL de alcohol.
- Se adiciona 50 mL de agua destilada
- Se realiza una agitación hasta disolución completa.
- Se adiciona 3 gotas de reactivo de fenolftaleína como indicador y titular con NaOH 0,5N (valoración inicial)

$$\text{Peso equivalente} = \frac{1000 \times \text{peso.de.muestra(g)}}{\text{Vol.de.alcali.(mL)} \times \text{Normalidad}}$$

#### **Porcentaje de Metilación- USP 30 (anexo 05).**

Se determina el número de grupos de metoxilo que están esterificando los grupos carboxílicos. Este método se basa en la neutralización de los grupos carboxílicos con hidróxido de sodio en presencia de fenolftaleína. Luego, adicionar un exceso de hidróxido de sodio 0,5N, para saponificar los grupos  $-\text{COOCH}_3$  que se convierten en  $-\text{COONa}$  y por último titular el exceso de hidróxido de sodio con HCl 0,5N.

Se aprovecha la solución neutralizada y se coloca en el matraz con tapa esmerilada.

- Adicionar 10,0 mL de hidróxido de sodio 0,5 N, agitar fuertemente y reposar por 15 minutos.
- Adicionar 10,0 mL de ácido clorhídrico 0,5 N, agitar hasta que desaparezca la coloración rosada.
- Adicionar 2 gotas de fenolftaleína y titular con hidróxido de sodio 0,5 N hasta que se presente un color rosado tenue que persista por 30 segundos (Valoración final).
- Cada mililitro de hidróxido de sodio 0,5 N es equivalente a 15,52 mg de Metoxilo ( $\text{OCH}_3$ ) en muestra seca.

## **Etapa 4: elaboración de yogurt**

### **Evaluación inicial de la leche entera**

El pH se determinó con un pH-metro digital marca Borosil de procedencia Alemana, el electrodo fue calibrado con soluciones buffer de 7 y 4. Luego se introdujo el electrodo para hacer la lectura de la muestra (AOAC).

La acidez, se determinó con hidróxido de sodio 0,1N: se tomó una alícuota de 10 ml, utilizó como reactivo indicador fenolftaleína 1% (AOAC).

La lectura de la densidad se realizó en grados Quevenne. Cuando la temperatura fue diferente a 60°F se realizó la corrección. Para ello, por cada grado por encima de los 60°F se añadió a la lectura 0,1 unidades Quevenne y se le resta 0,1 unidades por cada grado por debajo 60°F. (Anexo 06)

### **Elaboración de yogurt** (anexo 07)

Se realizó según Chinchay y Rojas (2013)<sup>34</sup>.

*Recepción:* Se mide 1 litro de leche entera. Se filtra para eliminar cuerpos extraños.

*Formulación y Pasteurización:* La leche se estandariza y se pasteuriza a 80°C durante 20. Luego se enfría a 45°C. Si es necesario a los 80°C añadir sorbato de potasio.

*Inoculación del cultivo láctico:* Se agrega un 2% de cultivo.

*Incubación:* Se realiza un baño maría a 45 °C, por un tiempo de 10 horas, o cuando la acidez haya alcanzado 0.70% o un pH de 4,5.

*Enfriamiento:* Se deja enfriar al ambiente, para evitar el desuerado. La acidez llega aquí a 0,85–0,90 %

*Batido:* Se realizó en un agitador mecánico 200 rpm, para romper el coagulo.

*Envasado:* Se utiliza frascos de vidrio o plástico. Luego, de un tratamiento de refrigerado (0-4°C) por un tiempo no mayor de 7 días.

#### **Etapa 5: Evaluación del yogurt (anexo 08).**

##### **Evaluación de la sinéresis del yogurt (método de Guinee y col,1995)**

- Pesar 10g de yogurt en un tubo de centrifuga
- Centrifugar a 5000 rpm durante 20 minutos
- Determinar el peso del sobrenadante y calcular el % de sinéresis

$$\% S = \frac{\text{peso.del.sobrenadante}}{\text{peso.de.la.muestra}} \times 100$$

##### **Evaluación del pH en yogurt**

El pH del yogurt (AOAC), se determinó con un pH-metro digital marca Borosil de procedencia Alemana, fue calibrado los electrodos con soluciones buffer de 7 y 4, se introdujo el electrodo para la lectura de la muestra.

##### **Evaluación sensorial del yogurt (anexo 09)**

Para ver el efecto sensorial de la pectina extraída por ultrasonido en el de yogurt, se realizó con 10 panelistas entrenados donde se utilizó la escala hedónica con el fin de evaluar: aspecto, color, olor y sabor. Se procedió con la evaluación teniendo en cuenta la escala calificación de 1 a 9, siendo 9 el valor de las mejores características sensoriales y 1 para características sensoriales débiles, según parámetros de Karlsruhe.

### 3.5 Técnica de procesamiento de datos

Se analizarán las diferencias significativas entre los resultados obtenidos con cada tratamiento, mediante prueba de análisis de varianza (ANOVA), usando el programa excel.

## CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 Presentación de resultados

#### 4.1.1 Determinación de la potencia del equipo de ultrasonido

$$P = m.Cp.\frac{dT}{dt}$$

Cp: calor específico del agua 4,186 J/g.°C

m: masa

dT/dt: cambio de temperatura con respecto al tiempo

Se utilizó en el equipo de baño de ultrasonido un volumen de 6 litros de agua destilada, la temperatura inicial fue 23,5°C y la temperatura final 24°C en un tiempo de 5 minutos.

$$P = 6000g \times 4,186 \frac{j}{g.C} \times \frac{0,5C}{3000s} = 41,86 \frac{j}{s} = 41,86W$$

#### 4.1.2 Propiedades físicas y químicas de la pectina

$$\text{Peso equivalente} = \frac{1000 \times \text{peso.de.muestra}(g)}{\text{Vol.de.alcali.}(mL) \times \text{Normalidad}}$$

***Cálculo de peso equivalente y % de metoxilo de pectina extraída por método tradicional***

Primer gasto = 0,3 mL

$$\text{Peso equivalente} = \frac{1000 \times 0,25}{0,3 \times 0,5} = 1666,66$$

Cada mililitro de hidróxido de sodio 0,5 N equivale a 15,52 mg de grupo metoxilo (OCH<sub>3</sub>) en muestra seca.

$$\text{Segundo gasto} = 0,4 \text{ mL} \dots \dots 6,208 \text{ mg grupo metoxi} = 2,48\%$$

***Cálculo de peso equivalente y % de metoxilo de pectina extraída por ultrasonido por 8 minutos***

Primer gasto = 0,5 mL

$$\text{Peso equivalente} = \frac{1000 \times 0,25}{0,5 \times 0,5} = 1000$$

Cada mililitro de hidróxido de sodio 0,5 N equivale a 15,52 mg de grupo metoxilo (OCH<sub>3</sub>) en muestra seca.

$$\text{Segundo gasto} = 3,3 \text{ mL} \dots \dots 51,216 \text{ mg grupo metoxi} = 20,48\%$$

***Cálculo de peso equivalente y % de metoxilo de pectina extraída por ultrasonido por 4 minutos***

Primer gasto = 0,35 mL

$$\text{Peso equivalente} = \frac{1000 \times 0,25}{0,35 \times 0,5} = 1428,57$$

Cada mililitro de hidróxido de sodio 0,5 N equivale a 15,52 mg de grupo metoxilo (OCH<sub>3</sub>) en muestra seca.

$$\text{Segundo gasto} = 2,7 \text{ mL} \dots \dots 41,904 \text{ mg grupo metoxi} = 16,76\%$$



**Cálculo de peso equivalente y % de metoxilo de pectina extraída por ultrasonido por 2 minutos**

Primer gasto = 0,31 mL

$$\text{Peso equivalente} = \frac{1000 \times 0,25}{0,31 \times 0,5} = 1612,9$$

Cada mililitro de hidróxido de sodio 0,5 N equivale a 15,52 mg de grupo metoxilo (OCH<sub>3</sub>) en muestra seca.

$$\text{Segundo gasto} = 2,5 \text{ mL} \dots\dots 38,8 \text{ mg grupo metoxi} = 15,52\%$$

**Cálculo de peso equivalente y % de metoxilo de pectina extraída por ultrasonido por 1 minuto**

Primer gasto = 0,31 mL

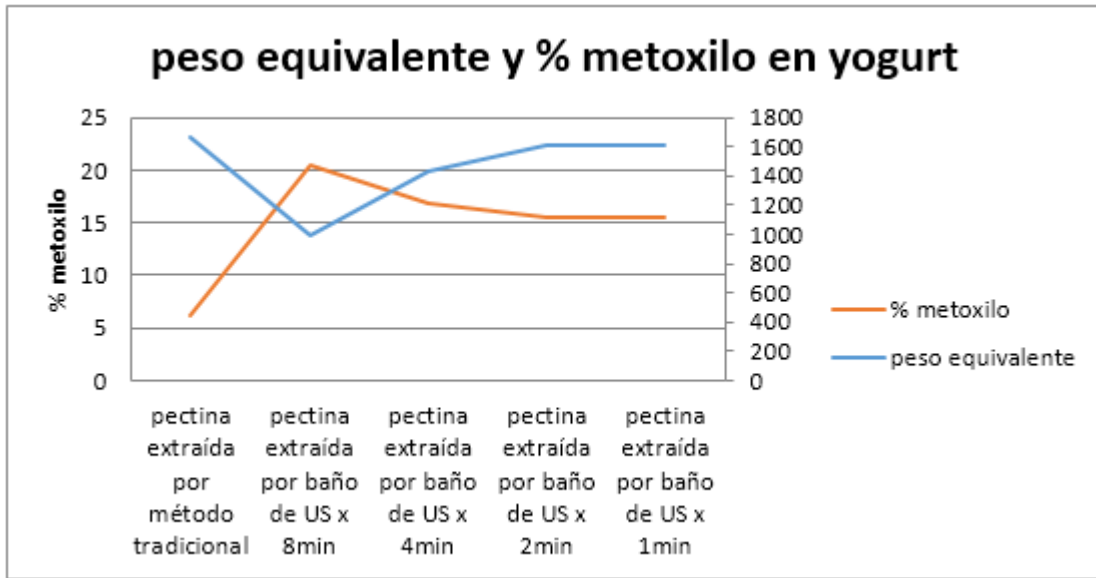
$$\text{Peso equivalente} = \frac{1000 \times 0,25}{0,312 \times 0,5} = 1602,0$$

Cada mililitro de hidróxido de sodio 0,5 N equivale a 15,52 mg de grupo metoxilo (OCH<sub>3</sub>) en muestra seca.

$$\text{Segundo gasto} = 2,5 \text{ mL} \dots\dots 38,8 \text{ mg grupo metoxi} = 15,52\%$$

**Tabla 3 Presentación de resultados**

muestra	peso equivalente	Metoxilo (%)
pectina extraída por método tradicional	1666,66	2,48
pectina extraída por baño de ultrasonido por 8 minutos	1000	20,48
pectina extraída por baño de ultrasonido por 4 minutos	1428,57	16,76
pectina extraída por baño de ultrasonido por 2 minutos	1612,9	15,52
pectina extraída por baño de ultrasonido por 1 minutos	1602,0	15,52



Fuente: elaboración propia, 2018

**Figura 6** Peso equivalente y % metoxilo en yogurt

Para continuar con el análisis de sinéresis en yogurt, se escogió el tratamiento de extracción con ultrasonido, donde se obtuvo el mayor peso equivalente y % metoxilo. Según la tabla anterior se puede observar que el que presenta estas características es la pectina extraída por baño de ultrasonido por 2 minutos.

#### 4.1.3 Análisis de leche, determinación de sinéresis y pH en el yogurt

**Tabla 4** Condiciones iniciales de la leche

Análisis	resultados
pH	6,94
acidez	0,189%
densidad	1,029 g/mL = 29 quevenne

Los valores encontrados estuvieron dentro de los rangos permitidos por la NTP 202.001.2010 (Indecopi, 2010)

Determinación de sinéresis del yogurt y pH

*b.1) Cálculo de sinéresis del yogurt y pH sin pectina*

$$\% S = \frac{\text{peso.del.sobrenadante}}{\text{peso.de.la.muestra}} \times 100 \quad \% S = \frac{3,4957}{6,3695} \times 100 = 54,88\%$$

$$pH = 4,22$$

*b.2) Cálculo de sinéresis del yogurt y pH con 0,25% de pectina extraída por método tradicional*

$$\% S = \frac{2,332}{6,3695} \times 100 = 36,61\% \quad pH = 4,29$$

*b.3) Cálculo de sinéresis del yogurt y pH con 0,50% de pectina extraída por método tradicional*

$$\% S = \frac{2,321}{6,3695} \times 100 = 36,43\% \quad pH = 4,22$$

*b.4) Cálculo de sinéresis del yogurt y pH con 1,00% de pectina extraída por método tradicional*

$$\% S = \frac{2,002}{6,3695} \times 100 = 31,43\% \quad pH = 4,22$$

*b.5) Cálculo de sinéresis del yogurt y pH con 0,25% de pectina extraída por baño de ultrasonido por 2 minutos.*

$$\% S = \frac{2,018}{6,3695} \times 100 = 31,68\% \quad pH = 4,22$$

b.6) Cálculo de sinéresis del yogurt y pH con 0,50% de pectina extraída por baño de ultrasonido por 2 minutos.

$$\%S = \frac{1,676}{6,3695} \times 100 = 26,31\% \quad \text{pH} = 4,22$$

b.7) Cálculo de sinéresis del yogurt y pH con 1,00% de pectina extraída por baño de ultrasonido por 2 minutos.

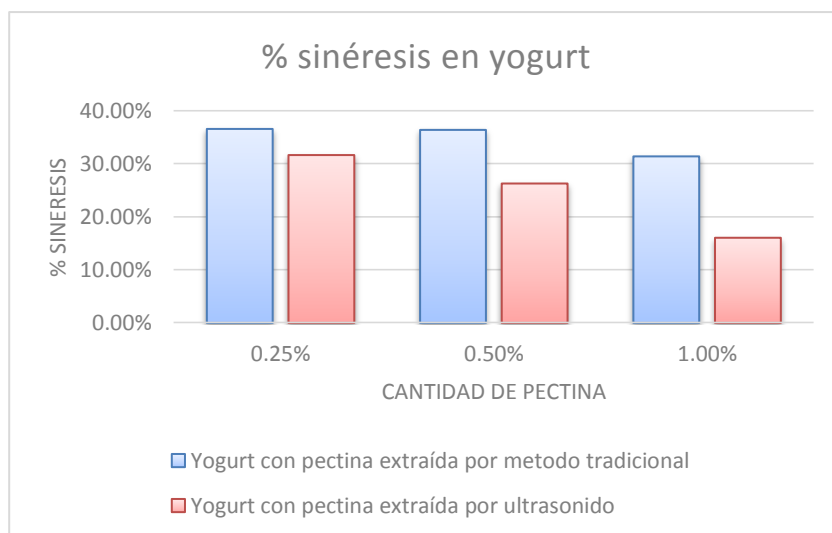
$$\%S = \frac{1,0236}{6,3695} \times 100 = 16,07\% \quad \text{pH} = 4,22$$

**Tabla 5 Determinación de sinéresis del yogurt y pH**

muestra	Sinéresis (%)	pH	muestra	Sinéresis (%)	pH
yogurt sin pectina	54,88	4,4			
yogurt con 0,25% pectina extraída por método tradicional	36,61	4,33	yogurt con 0,25% pectina extraída por US con 2 minutos de tratamiento	31,68	4,30
yogurt con 0,50% pectina extraída por método tradicional	36,43	4,17	yogurt con 0,50% pectina extraída por US con 2 minutos de tratamiento	26,31	4,22
yogurt con 1,00% pectina extraída por método tradicional	31,43	4,21	yogurt con 1,00% pectina extraída por US con 2 minutos de tratamiento	16,07	4,22

Fuente: Elaboración propia, 2018

Para continuar con el análisis de sensorial de yogurt, se escogió el yogurt que presenta el menor % de sinéresis.



**Figura 7 % de sinéresis en yogurt**

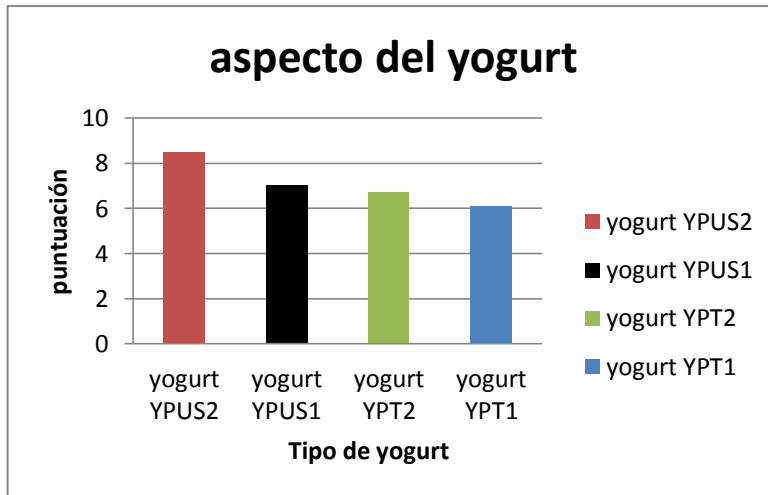
Fuente: Elaboración propia, 2018

#### 4.1.4 Análisis sensorial

**Tabla 6 Tabla de análisis sensorial**

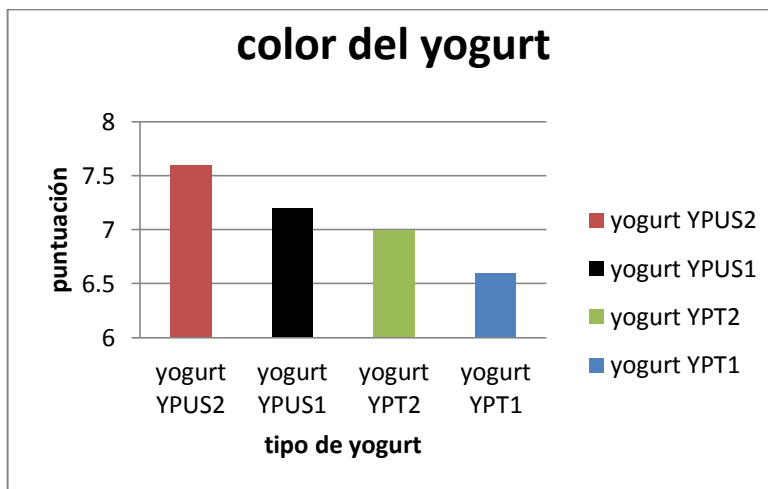
yogurt	código	% sinéresis
yogurt con 0,50% pectina extraída por método tradicional	YPT1	36,43
yogurt con 1,00% pectina extraída por método tradicional	YPT2	31,43
yogurt con 0,50% pectina extraída por US con 2 minutos de tratamiento	YPUS1	26,31
yogurt con 1,00% pectina extraída por US con 2 minutos de tratamiento	YPUS2	16,07

Fuente: Elaboración propia, 2018



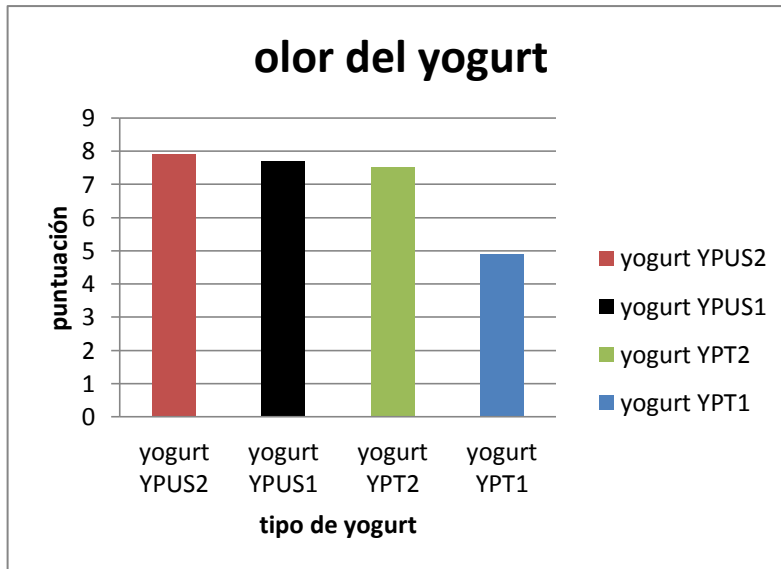
**Figura 8 Aspecto del yogurt**

Fuente: Elaboración propia, 2018



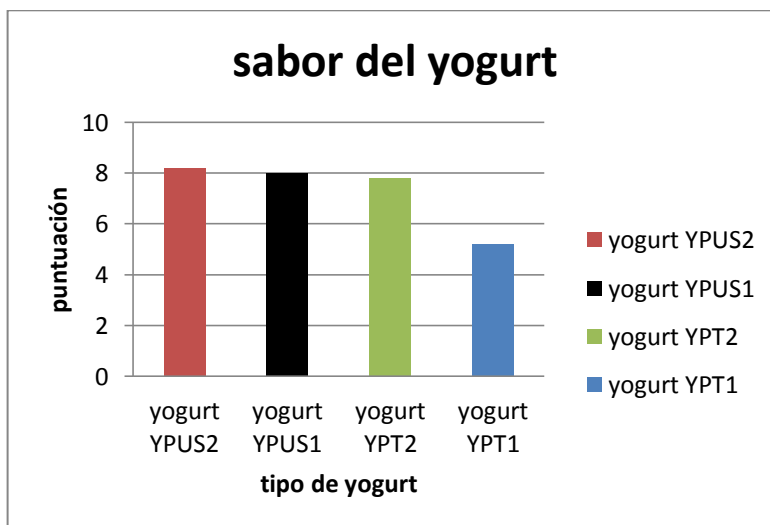
**Figura 9 Color del yogurt**

Fuente: Elaboración propia, 2018



**Figura 10 Olor del yogurt**

Fuente: Elaboración propia, 2018



**Figura 11 Sabor del yogurt**

Fuente: Elaboración propia, 2018

### **Análisis estadístico**

Se realizó la prueba sensorial con 10 panelistas entrenados, según parámetros de Karlsruhe .

**Tabla 7 Yogurt con 0,50% pectina extraída por US con 2 minutos de tratamiento (YPUS2)**

aspecto	color	olor	sabor
8	8	7	8
9	8	7	9
8	7	8	7
8	7	8	8
8	9	8	8
8	7	7	8
9	8	8	9
9	6	9	8
9	7	8	9
9	9	9	8

Fuente: Elaboración propia, 2018

**Tabla 8 Yogurt con 1,00% pectina extraída por US con 1 minuto de tratamiento (YPUS1)**

aspecto	color	olor	sabor
8	8	8	8
7	7	8	7
7	7	7	8
6	6	8	8
8	8	7	8
7	8	8	9
7	7	7	8
6	7	8	8
7	7	8	8
7	7	8	8

Fuente: Elaboración propia, 2018



**Tabla 9 Yogurt con 0,50% pectina extraída por Método Tradicional (YPT2)**

aspecto	color	olor	sabor
6	7	7	7
7	7	8	8
7	7	7	7
7	8	8	8
7	6	8	8
6	7	8	9
7	7	7	7
7	7	7	8
6	7	7	8
7	7	8	8

Fuente: Elaboración propia, 2018

**Tabla 10 Yogurt con 1,00% pectina extraída por Método Tradicional (YPT1)**

aspecto	color	olor	sabor
6	6	4	5
6	6	5	5
7	7	5	6
6	7	5	5
6	6	4	5
6	7	5	5
5	7	5	5
6	7	5	5
6	7	5	6
7	6	6	5

Fuente: Elaboración propia, 2018

**Tabla 11 Análisis de varianza del factor aspecto de los 4 tipos de yogurt**

Análisis de varianza de un factor						
RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	10	85	8.5	0.277777778		
Columna 2	10	70	7	0.444444444		
Columna 3	10	67	6.7	0.233333333		
Columna 4	10	61	6.1	0.322222222		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	31.275	3	10.425	32.63478	2.2712E-10	2.866265551
Dentro de los grupos	11.5	36	0.319444444			
Total	42.775	39				

Nivel de confianza de 95%

Hipótesis nula=el promedio del factor aspecto en los cuatro yogurt es igual, con 95% de confiabilidad

Hipótesis alterna=en al menos un yogurt el factor aspecto es distinto, con 95% de confiabilidad

Como el P valor ( $2,2712 \times 10^{-10}$ ) es menor que el nivel de significancia (0.05), se rechaza la hipótesis nula, se llega a concluir que el grupo de panelistas determina preferencias significativas por algunos de los tratamientos. Es necesario realizar otro test con la determinemos cuál o cuáles tratamientos son los preferidos significativamente. Para cumplir con el objetivo se utilizó el test de Tuckey.

Diferencia mínima significativa (HSD)= 0.677

Q alfa= 3,79

Cuadrado del error medio= 0,319

Tamaño grupo= 10

**Tabla 12 : Diferencia entre el yogurt YPUS1 y el YPT1.**

	YPUS2	YPUS1	YPT2	YPT1
YPUS2		1.5	1.8	2.4
YPUS1			0.3	0.9
YPT2				0.6
YPT1				

Se evidencia que el yogurt YPUS2, con respecto al aspecto, es el que presenta diferencia significativa con el resto de yogures, es decir es el preferido por los panelistas. También existe diferencia entre el yogurt YPUS1 y el YPT1.

**Tabla 13 : Análisis de varianza del factor color de los 4 tipos de yogurt**

Análisis de varianza de un factor						
RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	10	76	7.6	0.933333333		
Columna 2	10	72	7.2	0.4		
Columna 3	10	70	7	0.222222222		
Columna 4	10	66	6.6	0.266666667		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	lor crítico para F
Entre grupos	5.2	3	1.733333333	3.804878049	0.01816408	2.86626555
Dentro de los grupos	16.4	36	0.455555556			
Total	21.6	39				

Nivel de confianza de 95%

Hipótesis nula=el promedio del factor color en los cuatro yogurt es igual, con 95% de confiabilidad

Hipótesis alterna=en al menos un yogurt el factor color es distinto, con 95% de confiabilidad

Como el P valor (0,01816408), es menor que el nivel de significancia (0.05), se rechaza la hipótesis nula, se llega a concluir que el grupo de panelistas determina preferencias significativas por algunos de los tratamientos. Es necesario realizar otro test con la determinemos cuál o cuáles tratamientos son los preferidos significativamente. Para cumplir con el objetivo se utilizó el test de Tuckey.

Diferencia mínima significativa (HSD)= 0,81

Q alfa= 3,79

Cuadrado del error medio= 0,45

Tamaño grupo= 10

**Tabla 14 : diferencia significativa con el yogurt YPT1**

	YPUS2	YPUS1	YPT2	YPT1
YPUS2		0.4	0.6	1
YPUS1			0.2	0.6
YPT2				0.4
YPT1				

Se evidencia que el yogurt YPUS2, con respecto al color, presenta diferencia significativa con el yogurt YPT1. Es decir, los panelistas prefieren el YPUS2. También, no existe diferencia significativa, con respecto al color, con el resto de yogures.

**Tabla 15 : Análisis de varianza del factor olor de los 4 tipos de yogurt**

Análisis de varianza de un factor						
RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	10	79	7.9	0.544444		
Columna 2	10	77	7.7	0.233333		
Columna 3	10	75	7.5	0.277778		
Columna 4	10	49	4.9	0.322222		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	59.6	3	19.86666667	57.67742	7.94139E-14	2.866265551
Dentro de los grupos	12.4	36	0.344444444			
Total	72	39				

Nivel de confianza de 95%

Hipótesis nula=el promedio del factor olor en los cuatro yogurt es igual, con 95% de confiabilidad

Hipótesis alterna=en al menos un yogurt, el factor olor es distinto, con 95% de confiabilidad

Como el P valor ( $7,94139 \times 10^{-14}$ ) es menor que el nivel de significancia (0.05), se rechaza la hipótesis nula, se llega a concluir que el grupo de panelistas determina preferencias significativas por algunos de los tratamientos. Es necesario realizar otro test con la que determinemos cuál o cuáles tratamientos son los preferidos significativamente. Para cumplir con el objetivo, se utilizó el test de Tuckey.

Diferencia mínima significativa (HSD)= 0,70

Q alfa= 3,79

Cuadrado del error medio= 0,34

Tamaño grupo= 10

**Tabla 16 : Yogurt YPUS2, YPUS1 y YPT2 con respecto al olor**

	YPUS2	YPUS1	YPT2	YPT1
YPUS2		0.2	0.4	3
YPUS1			0.2	2.8
YPT2				2.6
YPT1				

Fuente: Elaboración propia, 2018

Se evidencia que el yogurt YPUS2, YPUS1 y YPT2 con respecto al olor, presentan diferencias significativas con el yogurt YPT1. También, el yogurt YPUS2, es el que presenta mayor diferencia significativa. Es decir, los panelistas prefieren el yogurt YPUS2.

**Tabla 17 : Análisis de varianza del factor sabor de los 4 tipos de yogurt**

Análisis de varianza de un factor						
RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	10	82	8.2	0.4		
Columna 2	10	80	8	0.22222222		
Columna 3	10	78	7.8	0.4		
Columna 4	10	52	5.2	0.17777778		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	valor crítico para F
Entre grupos	59.6	3	19.86666667	66.2222222	1.0004E-14	2.86626551
Dentro de los grupos	10.8	36	0.3			
Total	70.4	39				

Fuente: Elaboración propia, 2018

Nivel de confianza de 95%

Hipótesis nula=el promedio del factor sabor en los cuatro yogurt es igual, con 95% de confiabilidad

Hipótesis alterna=en al menos un yogurt el factor sabor es distinto, con 95% de confiabilidad

Como el P valor ( $1,0004 \times 10^{-14}$ ), es menor que el nivel de significancia (0.05), se rechaza la hipótesis nula, se llega a concluir que el grupo de panelistas determina preferencias significativas por algunos de los tratamientos. Es necesario realizar otro test con la determinemos cuál o cuáles tratamientos son los preferidos significativamente. Para cumplir con el objetivo se utilizó el test de Tuckey.

Diferencia mínima significativa (HSD)= 0,65

Q alfa= 3,79

Cuadrado del error medio= 0,3

Tamaño grupo= 10

**Tabla 18 : El yogurt YPUS2, YPUS1 y YPT2 con respecto al sabor**

	YPUS2	YPUS1	YPT2	YPT1
YPUS2		0.2	0.4	3
YPUS1			0.2	2.8
YPT2				2.6
YPT1				

Fuente: Elaboración propia, 2018

Se evidencia que el yogurt YPUS2, YPUS1 y YPT2 con respecto al sabor, presentan diferencias significativas con el yogurt YPT1. También, el yogurt YPUS2, es el que presenta mayor diferencia significativa, es decir los panelistas prefieren el yogurt YPUS2.

## 4.2 Discusión de Resultados

En nuestra investigación se logró una pectina con peso equivalente de 1666,66 extraída por el método tradicional y una pectina con peso equivalente de 1612,9 extraída por ultrasonido. Se observa que la extracción de pectina por ultrasonido presenta un resultado ligeramente inferior que la extracción térmica tradicional. Se podría decir que un tratamiento de ultrasonido con mayor potencia (>50 W), alcanzaría mayor peso equivalente en la pectina. Este valor, ligeramente inferior en la pectina obtenida por ultrasonido, podría traer resultados inferiores en la gelificación y aumento en la probabilidad de formación de sinéresis en el yogurt, pero se hace necesario hacer pruebas sensoriales, para su completa conclusión, ya que el porcentaje de grupo metoxi es mucho más elevado, y es otro factor que influye en las propiedades físicas de la pectina. R. Baltazar et al. (2013)<sup>8</sup>, en su investigación, Optimizó la extracción de pectina a partir de cáscara de limón (*Citrus medica*) utilizando la metodología de superficie de respuesta. Los autores determinaron valores óptimos de temperatura alrededor de 70-80°C y pH alrededor de 1-1,5; donde se obtuvo un peso equivalente de la pectina de 30666.912 g/mol. Nuestros resultados son valores bajos comparados con Baltazar et al; pero hay que considerar que son cítricos diferentes y otro factor a considerar es el % de metoxilo, que influye mucho en la gelificación de un alimento, y que en la extracción con altas temperaturas y tiempos prolongados se ven afectados. Así mismo Barreto, Púa, De Alba, D. y Pión, M. (2017)<sup>15</sup>, obtuvieron sus mejores resultados de extracción con pH 1 y temperatura 100 °C, donde se obtuvo una pectina con peso equivalente 2326,420 ± 54,11 mg/ mEq, contenido de metoxilo 11,801 ± 0,03%. En nuestra investigación, el mayor % de metoxilo (16,765) se obtuvo con el uso del ultrasonido por 4 minutos.

En los resultados de nuestra investigación, se logra disminuir la sinéresis aproximadamente hasta en un 23% cuando se adiciona pectina extraída por método tradiciona. Sin embargo se logra disminuir la sinéresis hasta en un 39% cuando se adiciona pectina extraída por ultrasonido. Esta reducción de la sinéresis, por parte de la adición de pectina (1%) extraída por ultrasonido, es posible al grupo metoxi



encontrado en este tipo de pectina. Mori (2017)<sup>5</sup> en su investigación planteó un yogurt con actividad de agua (aw) y sinéresis estabilizada por la adición azúcar blanca y carragenina, donde demuestra que la sinéresis del yogurt es mayor a una concentración de carragenina del 0,5%. Sin embargo, disminuye a una concentración del 1,0 %. Así mismo, Martínez (2016)<sup>7</sup> en su investigación, evaluó la viscosidad del yogurt batido al agregar goma de tara (*caesalpinia spinosa*) para mejorar la estabilidad a diferentes concentraciones 0 %, 0.02 %, 0.04 % y 0.06 %. La autora demostró que la viscosidad es de relación directa a la concentración de 0.04 %, y que a partir de 0.06 % la viscosidad se reduce. Además, evaluó el color, la cual demostró que el tratamiento que tuvo mayor aceptabilidad fue el que tuvo concentración de 0.04 % de goma de tara. En nuestro trabajo el yogurt con adición de pectina al 1,0% extraída por ultrasonido es el que presenta mejor color, posiblemente se deba a que las bajas temperaturas de tratamiento del equipo de ultrasonido no carameliza el azúcar enlazado a la molécula de pectina.

En nuestra investigación, se logró una sinéresis de 16,07% con 1% de pectina extraída por ultrasonido. Esta reducción de sinéresis se debió posiblemente al uso del equipo de ultrasonido en la cual usa la cavitación y bajas temperaturas como fundamento de extracción. Cárdenas et al (2013)<sup>4</sup> investigó el efecto del CMC, gelatina y pectina, sobre la sinéresis del yogurt batido. Los autores determinaron las mejores combinaciones para obtener valores mínimos de sinéresis (24.29%) y alcanzando mayores calificaciones en textura organoléptica de 3.7 (me gusta moderadamente). Por otro lado, la misma pectina extraída por ultrasonido es el que tiene un mejor aspecto en la evaluación sensorial, superando los resultados sensoriales de Cárdenas et al<sup>4</sup>. Así mismo, Vera y Rodríguez (2013)<sup>9</sup>, evaluaron el efecto del caseinato de sodio y gelatina sobre la sinéresis, determinando que la adición de caseinato de sodio y gelatina tuvieron efectos significativos sobre el tiempo de fermentación, sinéresis y viscosidad aparente, donde aumentar el nivel de gelatina y caseinato de sodio, el porcentaje de sinéresis disminuyó, al utilizar 3.00% de caseinato de sodio y 0.60% de gelatina. En nuestra investigación, se obtuvo los mejores resultados con 1% de pectina extraída por ultrasonido. De los Santos

(2017)<sup>12</sup>, evaluó el efecto de sinéresis del almidón aislado de la semilla de Mango, donde determina la disminución de sinéresis con 1% de almidón con efecto del 5%.

Simanca, Andrade, y Arteaga, M. (2013)<sup>10</sup>, determinaron que la adición de fibra de salvado de trigo influyó de manera directamente proporcional sobre la sinéresis e inversamente sobre la aceptación sensorial del producto. Esto no ocurre con la adición de pectina extraída por ultrasonido donde la aceptación sensorial es considerada como muy buena.

## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

1. Se determinó que el mejor método de extracción de pectina se realizó utilizando el equipo de ultrasonido con 41,86W, por un tiempo de 2 minutos, en la que se logró 1612,9 de peso equivalente de pectina. Así mismo se logró una sinéresis mínima del 16,07%, al utilizar el 1% de pectina extraída por ultrasonido por 2 minutos en la elaboración del yogurt batido
2. Se determinó que al aplicar el equipo de ultrasonido con 41,86W, por un tiempo de 2 minutos se logró obtener una pectina con 15,52% de grupos metoxilados en la molécula. Así mismo se logró una sinéresis mínima del 16,07%, al utilizar el 1% de pectina extraída por ultrasonido por 2 minutos en la elaboración del yogurt batido.
3. Se determinó en el análisis sensorial, que los panelistas establecieron preferencias significativas por algunas de las muestras de yogurt. Al aplicar la prueba de tuckey, se logró demostrar que con respecto al aspecto del producto, el yogurt elaborado con 1% de pectina extraída por 2 minutos de ultrasonido, presenta diferencia significativa con el resto de yogurt elaborados. Así mismo, con respecto al color del yogurt, los panelistas establecieron diferencia significativa entre el yogurt elaborado con 1% de pectina extraída por 2 minutos de ultrasonido con el yogurt extraída por método tradicional, mas no hay diferencias con el resto de yogurt.  
Con respecto al color y sabor del yogurt, los panelistas presentan mayor diferencia significativa con el yogurt elaborado con 1% de pectina extraída por 2 minutos de ultrasonido, es decir los panelistas prefieren este tipo de yogurt.

## 5.2 Recomendaciones

1. Realizar estudios más profundos de reducción de sinéresis en otros tipos de yogurt y en otros tipos de alimentos, donde es frecuente la presencia de sinéresis como defecto común en alimentos.
2. Extrapolar los estudios realizados in vitro a un proceso semi- industrial, con la finalidad de ajustar los datos obtenidos en esta investigación.
3. Realizar estudios con parámetros variados (potencia del equipo, pH, etc.), en la extracción de pectina de la cascara de frutas cítricas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ministerio de agricultura. (11 de octubre de 2016). Obtenido de <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/organizaciones/dgca/citricos.pdf>
2. Cheung YC, Siu KC, Wu JY. Kinetic models for ultrasound-assisted extraction of water-soluble components and polysaccharides from medicinal fungi. Food and Bioprocess Technology DOI 2012; 10.1007/s11947-012-0929-z.
3. Wang L and Weller C L. (2006) Recent Advances in Extraction of Nutraceuticals from Plants. Trends in Food Science and Technology, 17, 300-312. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2005.12.004>
4. Cárdenas A, et al. Optimización mediante diseño de mezclas de sinéresis y textura sensorial de yogurt natural batido utilizando tres tipos de hidrocoloides. Agroind Sci 3 2013.
5. Mori Nuñez C. Efecto de la carragenina y sacarosa en la actividad de agua, pH, sinéresis y acidez del yogurt. [Tesis de maestría]. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina; Lima; 2017.
6. Doumenz Torres P. Aprovechamiento de la cáscara de tuna (*opuntia ficus indica*) en la elaboración de yogurt griego con fibra soluble. [Tesis de titulación]. Perú: Universidad Privada de Tacna; 2017.
7. Martínez . Evaluación de la viscosidad y el color del yogurt batido con adición de goma de tara (*caesalpinia spinosa*) como estabilizante a diferentes concentraciones. [tesis de titulación]. Universidad Nacional José María Arguedas; 2016.
8. Baltazar R, Carbajal D, Baca N, Salvador D. Optimización de las condiciones de extracción de pectina a partir de cáscara de limón francés (*Citrus medica*) utilizando la metodología de superficie de respuesta. Agroind Sci 2 ; 2013.
9. Vera Benites R y Rodríguez Zevallos A. Efecto de la adición de caseinato de sodio y gelatina sobre la viscosidad, sinéresis y tiempo de fermentación en yogurt batido. Pueblo cont. vol. 24 n°1 :pp. 133-140, 2013.

10. Simanca M, Andrade R. y Arteaga M. Efecto del Salvado de Trigo en las Propiedades Fisicoquímicas y Sensoriales del Yogurt de Leche de Búfala. Información Tecnológica Vol. 24 N° 1 – 2013.
11. Curbelo C, Moreno M, Ramírez D y Crespo L. Hidrólisis ácida del bagazo de aloe vera (sábila) para la obtención de pectina. revista centro azúcar. vol 44, abril-junio, 2017. disponible en: <http://centroazucar.uclv.edu.cu>
12. De los Santos Cabrera H. Efecto del almidón aislado del cotiledón de mango en yogurt. [Tesis de titulación]. México: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. ; Tuxtla Gutiérrez; 2017.
13. Mora M, Proceso Tecnológico para la Elaboración de Yogurt Batido Aplicando las Normas INEN 2395:2011. [tesis de titulación]. Universidad Técnica de Machala, 2017.
14. Barreto G, Púa A, De Alba D y Pión M. Extracción y caracterización de pectina de mango de azúcar (Mangifera indica L.). Temas Agrarios - Vol. 22:(1) Enero - Junio 2017 (79 - 86).
15. Pérez Vides J, Rodríguez Manrique J y Rosa Arteaga M. Efecto de almidón de ñame (Dioscorea rotundata P.) y batata (Ipomea batatas L.) sobre sinéresis en yogurt. Agronomía Colombiana 34(1Supl.), S270-S273, 2016.
16. Portilla Rodas R. Utilización de diferentes niveles de okara en la elaboración de yogurt tipo I. [Tesis de titulación]. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2015.
17. Salinas M, Carrillo M, Huemura N, Lachira C y Morales N. Diseño de una línea de producción artesanal para la preparación y envasado de licor de naranja en la región Piura. Universidad de Piura; 2016.
18. Bailón R. Procesamiento de hortalizas. 1<sup>ra</sup> ed. Perú: Universidad Nacional del Callao. Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos. Instituto de Investigación; 2006.
19. Luna T. Las Frutas, Lima: Editorial Camino de Vida, 1999
20. Collazos C. Composición de Alimentos de Mayor Consumo en el Perú, Lima: Instituto Nacional de Nutrición – Ministerio de Salud, 1993.
21. Siccha A, Lock de Ugaz O. Hidrocoloides. Revista Química. 6 (2): 171-180.

22. Badui S. Química de los Alimentos. 4<sup>ta</sup> ed. México: Pearson Educación; 2006
23. Stephen AM, G O Phillips and PA Williams. *Food Polysaccharides and their applications*. 2006, London: Taylor & Francis. 733. 1992.
24. Muñoz F. Extracción y caracterización de la pectina obtenida a partir del fruto de dos ecotipos de cocona (*solanum sessiliflorum*), en diferentes grados de madurez; a nivel de planta piloto. [tesis de Maestría]. Universidad Nacional de Colombia; 2011.
25. Ferreira A S. *Pectinas: Aislamiento, caracterización y producción a partir de frutas tropicales y de los residuos de su procesamiento industrial*, ed. U.N.d. Colombia. 2007, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia - Proceditor Ltda. 186.
26. Alfonso García E. Estudio del comportamiento reológico de las pectinas con diferente grado galacturónico obtenida a partir de citrus paradisi (gray fruit). [Tesis de titulación]. San salvador: Universidad de el Salvador; 2010.
27. Belitz H, Grosch W, Schieberle P. Food Chemistry. 4<sup>ta</sup> ed. Berlin: Springer; 2009
28. Wang LJ, Weller CL. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science and Technology* 2006; 17: 300-312.
29. Pauletti M, Santa Cruz L, Mazza G, Rozycki S, Sabbag N, Costa S .Fabricación de yogurt con células inmovilizadas. *Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria. Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos* Vol 4 N°003. 2004.
30. Chinchay C. Química de alimentos. 1<sup>ra</sup> ed. Perú: Universidad Nacional del Callao. Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos; 2017.
31. Campo Y. Villada D, Meneses J. Efecto del pre-tratamiento con ultrasonido en la extracción de pectina contenida en el albedo del maracuyá (*passiflora edulis*). *biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*. vol 14 no. 1 (103 - 109) enero \_ junio 2016
32. Schmidt Hebbel H. *Avances en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Chile: Alfabeta impresiones; 1989.
33. Kuklinski C. *Nutrición y Bromatología*. 1<sup>ra</sup> ed. España: Ed. Omega; 2010
34. Chinchay CE, Rojas MP. *Manual de Práctica de Biotecnología*. 1<sup>ra</sup> ed. Perú: UIGV-Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímica; 2013.
35. Blanco S, Pacheco E, Fragenas N. Evaluación física y nutricional de un yogurt con frutas tropicales bajo en calorías *Revista Facultad Agronomía* 2006; 32:131-144.

36. Indecopi. 2010. Norma Técnica Peruana. NTP. 202.001:2010. Leche y productos lácteos. Leche cruda requisitos. Lima. Perú.
37. Säker W. Efecto del cultivo láctico y adición de gelatina y sacarosa sobre la sinéresis, viscosidad, sabor y consistencia en leche fermentada. [tesis de titulación]. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo. Perú. 2011
38. Parra Huertas R, Martínez Coy G, Espinosa Suescún J. Comportamiento fisicoquímico de Stevia, Fructosa, Dextrosa y Lactosa como endulzantes a diferentes concentraciones durante el tiempo de incubación en la elaboración de yogurt entero. Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas. Vol 9(2):15-20,2011.



## ANEXOS

Recepción de la cáscara de naranja



Recepción de la cáscara de naranja

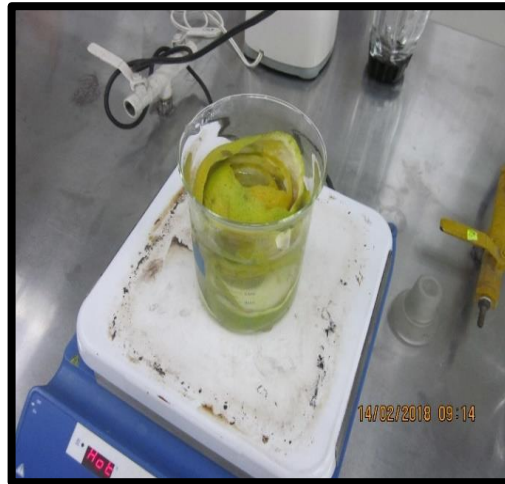


Cortado de cáscara

## Anexo 1 : extracción de pectina por método tradicional



Pesado de la cáscara de naranja



Escaldado de la naranja



Licuada de la naranja



Preparación de sol. de ácido cítrico



Filtrado de la cáscara de naranja



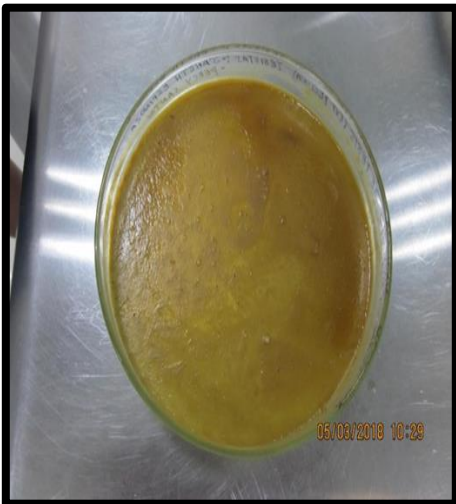
Macerado en alcohol x 24 horas



Secado



Secado



Extracto de pectina por método tradicional



Molido de pectina



## Anexo 2 : Extracción de pectina por baño de ultrasonido



Equipo de baño de ultrasonido



Tratamiento con ultrasonido



Tratamiento con ultrasonido



Pectina extraída por ultrasonido



Pectina seca



Pesado de pectina

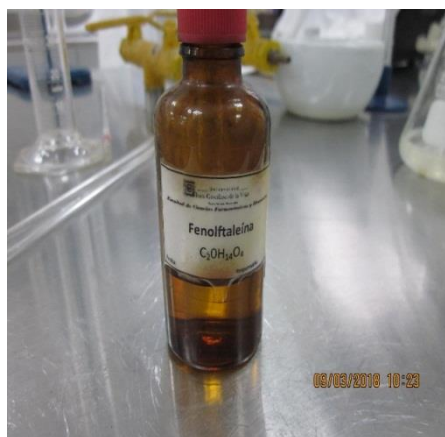
### Anexo 3 : Determinación de peso equivalente de la pectina



Preparación de soluciones de NaOH



Preparando titulación



Fenolftaleína



Titulación

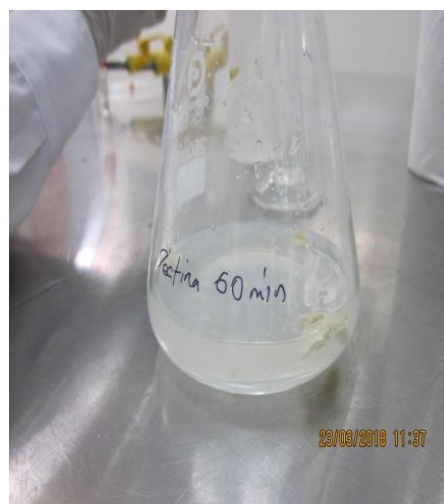


Titulación: Determinación de peso equivalente de la pectina

#### Anexo 4 : Determinación de porcentaje de metilación de la pectina



Desesterificación de los grupos metoxi



Pectina desesterificada



Determinación de porcentaje de metilación de la pectina

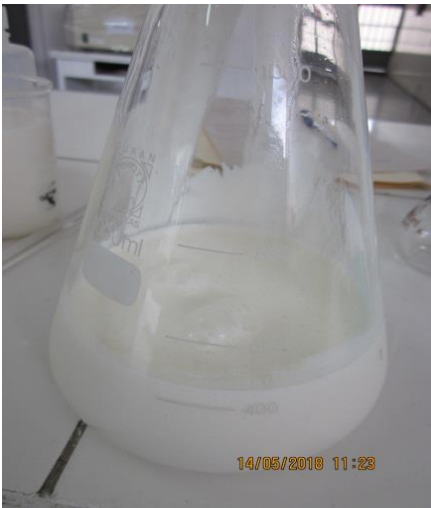
## Anexo 5 : Evaluación de la leche entera



Medición de pH de la leche



Medición de densidad



Medición de acidez



Titulación de la leche



## Anexo 6 : Elaboración de yogurt



Cultivo de Yogurt



Yogurtera



Adición de cultivo al yogurt



Elaboración de yogurt



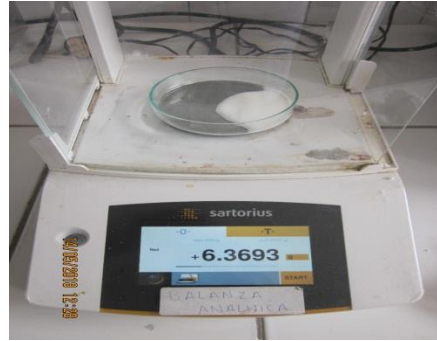
Batido del yogurt



## Anexo 7: Evaluación de sinéresis del yogurt



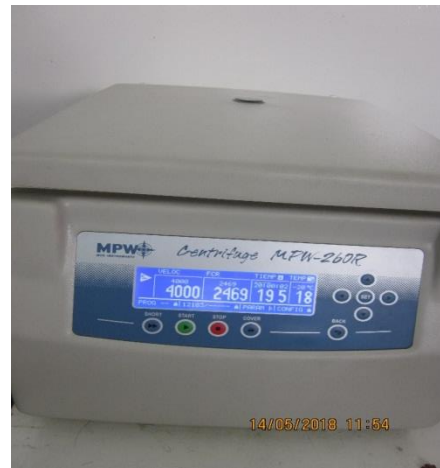
Yogurt con pectina



Pesaje del yogurt



Centrifugado del yogurt



Centrifugado



Evaluación de sinéresis del yogurt



Evaluación de sinéresis del yogurt

