

**Efecto de sacarosa, cuajada y mango  
(*Manguifera indica*) en las propiedades  
fisicoquímicas y sensoriales de la cuajada en  
sirope de suero**

**Ramona Alexandra Guerrero Veras**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Efecto de sacarosa, cuajada y mango  
(*Manguifera indica*) en las propiedades  
fisicoquímicas y sensoriales de la cuajada en  
sirope de suero**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Ramona Alexandra Guerrero Veras**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2017

## **Efecto de sacarosa, cuajada y mango (*Manguifera indica*) en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la cuajada en sirope de suero**

**Ramona Alexandra Guerrero Veras**

**Resumen.** El lactosuero es un producto lácteo obtenido de la separación del coágulo de la leche durante la fabricación del queso. Las proteínas del suero no son deficientes en ningún aminoácido y desempeñan un importante papel nutritivo. La cuajada en sirope de suero son pequeños trozos de cuajada de queso Zamorella sumergidos en sirope a base de suero, pulpa de mango y sacarosa. La presente investigación evaluó el efecto de la sacarosa, cuajada y pulpa de mango en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del queso en sirope. Se utilizó la metodología superficie respuesta definiendo como variables independientes el porcentaje de sacarosa, cuajada y pulpa. Las respuestas evaluadas fueron: rendimiento, dureza adhesividad, color, °Brix y costos. Para las unidades experimentales se establecieron ocho puntos factoriales, seis puntos axiales y seis repeticiones del punto central. Las tres variables independientes tuvieron efecto significativo en las respuestas evaluadas. Se obtuvieron cinco regresiones matemáticas con carácter tendencioso (rendimiento, dureza, adhesividad, color, °Brix) y uno de carácter predictivo (costos variables). Con una combinación de 11.97% de pulpa, 6.67% de sacarosa y 8.64% de cuajada se logró optimizar las variables fisicoquímicas y sensoriales del queso en sirope de suero. El tratamiento con mayor aceptación sensorial y preferencia fue el tratamiento óptimo.

**Palabras clave:** Adhesividad, °Brix, color, costos, lactosuero, rendimiento.

**Abstract.** Whey is a dairy product obtained from the separation of the milk clot during the manufacture of the cheese. Whey proteins are not deficient in any aminoacid and play an important nutritional role. The cheese in whey syrup are small pieces of Zamorella cheese curds submerged in syrup based on whey, mango pulp and sucrose. The present investigation evaluated the effect of sucrose, curd and mango pulp on the physicochemical properties of curd in syrup. Across a surface response method setting the independent variables percentage of sucrose, curd and pulp to generate an equation. The evaluated responses were: yield, hardness, adhesiveness, color, °Brix and costs. The experimental units were eight factorial points, six axial points and six repetitions of the central point. The three independent variables had a significant effect on the responses evaluated. Five mathematical regressions with tendentious character (yield hardness, adhesiveness, color, °Brix) and one them with of predictive character (variable costs) were obtained. With a combination of 11.97% of pulp, 6.67% of sucrose and 8.64% of curd it is possible to optimize the physicochemical and sensory variables of the curd in whey syrup. The treatments with greater sensorial acceptance were the optimum and the with higher variable cost treatment, also the treatment with the highest preference was the optimal treatment.

**Key words:** Adhesiveness, °Brix, color, costs, whey, yield.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos .....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>45</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>46</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>47</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>58</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Niveles codificados de las variables independientes del experimento.....	5
2. Formulación preliminar de la cuajada en sirope.....	5
3. Colección completa del diseño experimental de cuajada en sirope de suero.....	6
4. Efecto de la combinación de pulpa, sacarosa y cuajada en el rendimiento de la cuajada en sirope.....	11
5. Coeficientes de regresión, probabilidades de un modelo de regresión polinomial valores F y R <sup>2</sup> para rendimiento en función del porcentaje de pulpa, sacarosa y cuajada.....	12
6. Efecto de la combinación de pulpa, sacarosa y cuajada en la dureza de la cuajada en sirope de suero.....	15
7. Coeficientes de regresión, probabilidades de un modelo de regresión polinomial valores F y R <sup>2</sup> para la variable de dureza de la cuajada en sirope en función del porcentaje de pulpa, sacarosa y cuajada.....	16
8. Efecto de la combinación de pulpa, sacarosa y cuajada en la adhesividad de la cuajada en sirope.....	19
9. Coeficientes de regresión, probabilidades de un modelo de regresión polinomial valores F y R <sup>2</sup> para la variable de adhesividad de la cuajada en sirope en función del porcentaje de pulpa, sacarosa y cuajada.....	20
10. Efecto de la combinación de pulpa, sacarosa y cuajada en el color de la cuajada en sirope.....	23
11. Coeficientes de regresión, probabilidades de un modelo de regresión polinomial valores F y R <sup>2</sup> para la variable color de la cuajada en sirope en función del porcentaje de pulpa, sacarosa y cuajada.....	24
12. Efecto de la combinación de pulpa, sacarosa y cuajada en los sólidos solubles de la cuajada en sirope.....	28
13. Coeficientes de regresión, probabilidades de un modelo de regresión polinomial valores F y R <sup>2</sup> para la variable °Brix de la cuajada en sirope en función del porcentaje de pulpa, sacarosa y cuajada.....	29
14. Costos variables de los tratamientos de la cuajada en sirope.....	32
15. Coeficientes de regresión, probabilidades de un modelo de regresión polinomial valores F y R <sup>2</sup> para la variable costos variables de la cuajada en sirope en función del porcentaje de pulpa, sacarosa y cuajada.....	33
16. Tratamientos evaluados para análisis proximal completo y sensorial.....	37
17. Análisis proximal completo en los cuatro tratamientos seleccionados.....	39
18. Análisis fisicoquímicos de los cuatro tratamientos.....	39
19. Resultados Análisis sensorial prueba de aceptación cuajada en sirope.....	43

Cuadros	Página
20. Costos variables del producto optimizado.....	44

Figuras	Página
1. Diagrama de flujo de proceso de la cuajada en sirope de suero.....	7
2. Efecto del porcentaje de cuajada y sacarosa en el rendimiento de la cuajada en sirope.....	13
3. Efecto del porcentaje de sacarosa y pulpa en el rendimiento de la cuajada en sirope.....	14
4. Efecto del porcentaje de sacarosa y pulpa en la dureza de la cuajada en sirope. ...	17
5. Efecto del porcentaje de cuajada y sacarosa en la dureza de la cuajada en sirope.	18
6. Efecto del porcentaje de cuajada y pulpa en la adhesividad de la cuajada en sirope.....	21
7. Efecto del porcentaje de sacarosa y cuajada en la adhesividad de la cuajada en sirope.....	22
8. Efecto del porcentaje de pulpa y sacarosa en el color de la cuajada en sirope.....	25
9. Efecto del porcentaje de cuajada y sacarosa en el color de la cuajada en sirope. ..	26
10. Efecto del porcentaje de cuajada y pulpa en el color de la cuajada en sirope.....	27
11. Efecto del porcentaje de sacarosa y pulpa en °Brix de la cuajada en sirope.....	30
12. Efecto del porcentaje de cuajada y sacarosa en °Brix de la cuajada en sirope.....	31
13. Efecto del porcentaje de cuajada y pulpa en los costos variables de la cuajada en sirope.....	34
14. Efecto del porcentaje de cuajada y sacarosa en los costos variables de la cuajada en sirope.....	35
15. Efecto del porcentaje de sacarosa y pulpa en los costos variables de la cuajada en sirope.....	35
16. Valores óptimos de las variables independientes de la cuajada en sirope.....	36
17. Resultados de análisis sensorial de preferencia.....	44

Anexos	Página
1. Boleta de respuesta para analisis sensorial.....	58
2. Correlaciones del análisis sensorial de aceptación general..	59

# 1. INTRODUCCIÓN

El lactosuero o suero de leche se define como un producto lácteo obtenido de la separación del coágulo de la leche durante la fabricación del queso, mediante la acción ácida o de enzimas del tipo del cuajo (Poveda 2013). Sus principales aplicaciones para el consumo humano son la preparación de queso de suero, bebidas a base de suero y bebidas de suero fermentado. Las principales aplicaciones industriales son la fabricación de lactosa, pasta de suero y suero en polvo (FAO 2016). Las proteínas de este subproducto de la industria quesera desempeñan un importante papel nutritivo como una rica y balanceada fuente de aminoácidos esenciales, son de alto valor biológico (por su contenido en leucina, triptófano, lisina y aminoácidos azufrados), tienen una calidad igual a las del huevo y no son deficientes en ningún aminoácido (Monzón 2017).

Todos los componentes de la leche que no se retienen en el queso, forman el lactosuero. En términos de masa, el lactosuero contiene cerca del 50% de los sólidos de la leche. Contiene cerca del 25% de las proteínas, cerca del 7% de la grasa, cerca del 95% de la lactosa, dependiendo del contenido de humedad en el queso, y cerca del 50% de los minerales. De ahí la importancia de que las empresas intenten seriamente darle valor agregado al lactosuero (Cunningham 2000).

La composición del suero varía dependiendo del origen de la leche y el tipo de queso elaborado, pero en general el contenido aproximado es de 93.1% de agua, 4.9% de lactosa, 0.9% de proteína cruda, 0.6% de cenizas (minerales), 0.3% de grasa, 0.2% de ácido láctico y vitaminas hidrosolubles. Cerca del 70% de la proteína cruda que se encuentra en el suero corresponde a proteínas con un valor nutritivo superior al de la caseína, como son B-lactoglobulina,  $\alpha$ -lactoglobulina, inmunoglobulinas, proteasa-peptonas y enzimas nativas. De acuerdo a su acidez, el suero se divide en dulce (pH mayor de 8), medio ácido (pH 5-5.8) y ácido (pH menor a 5) (Denicia y Ramirez 2009).

El suero de leche es el residuo líquido de la producción de queso, caseína y yogur, es uno de los mayores depósitos de proteínas disponibles en la actualidad. La producción mundial de suero es aproximadamente 180 millones de toneladas en 2013, contiene alrededor de 1,5 millones de toneladas de proteína de valor cada vez más alto y 8,6 millones de toneladas de lactosa, una fuente muy importante de hidratos de carbono para el mundo. Las últimas investigaciones muestran que la proteína de suero es posiblemente la proteína más nutricionalmente valiosa disponible; no es de extrañar que los mercados nutricionales como el deporte, la nutrición clínica y la nutrición infantil están impulsando un nivel de inversión sin precedentes en la producción lechera (Dairy Processing Handbook 2015).

El lactosuero es aproximadamente 200 veces más contaminante que las aguas residuales, representa uno de los problemas ambientales más relevantes para la industria láctea (Parra 2009). Cada 1,000 L de lactosuero generan cerca de 35 kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y cerca de 68 kg de demanda química de oxígeno (DQO) (Cunningham 2000).

El rendimiento de la leche en quesos duros varía entre 8 y 12% y en quesos frescos y blandos entre 12 y 30%. Solo un 10 a 20% de la leche llega a convertirse en queso y el 80 a 90% restante en suero. Más aún, no usar el lactosuero es un enorme desperdicio de nutrimentos porque el lactosuero contiene, aproximadamente, 25% de proteínas de la leche, 8% de la materia grasa y 95% de la lactosa (Revilla 1996).

En la planta de Lácteos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, se desechan alrededor de 10,000 y 12,000 L de suero semanalmente, de los cuales se utilizan 700 L para la elaboración de queso ricotta con un rendimiento 6%. Desechar el lactosuero y no emplearlo como alimento significa un enorme desperdicio. Es por eso que resulta interesante desarrollar opciones de uso para un alimento tan valioso (Cunningham 2000). Zamorano es una universidad con responsabilidad ambiental, que trata las aguas residuales con lagunas de oxidación, y utilizar el lactosuero generado en la planta de lácteos Zamorano, reduce la cantidad de descarga de aguas residuales en las lagunas de tratamiento.

Endara (2002) desarrolló una bebida a partir del suero de queso y leche descremada con sabor a mango, en zamorano, la cual el 62% de los encuestados les agradó y el 44 % estuvo dispuestos a comprarla. Elaboración de dos bebidas refrescantes con base en suero dulce de queso fresco y sabores de frutas, las cuales tuvieron buena aceptación por el consumidor (Mena 2002).

La cuajada en sirope de suero son pequeños trozos de cuajada de queso Zamorella sumergidos en un sirope de suero y mango. Utilizando un diseño experimental factorial con el método de superficie-respuesta, se establecieron los siguientes objetivos:

- Determinar la combinación de sacarosa, cuajada y mango (*Manguifera Indica*) que optimice las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la cuajada en sirope de suero.
- Evaluar la aceptación y preferencia de la cuajada en sirope de suero.
- Estimar los costos variables de producción del producto optimizado.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### **Ubicación.**

El estudio se realizó en la Planta de Lácteos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. El conteo de mesófilos aeróbicos y coliformes totales se llevaron a cabo en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano (LMAZ). Los análisis fisicoquímicos (Color, acidez, °Brix, textura y análisis proximal completo) se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ). Los análisis sensoriales se desarrollaron en el Laboratorio de Análisis Sensorial. La Planta de Lácteos y los laboratorios mencionados forman parte del Parque Agroindustrial de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Ubicado en Valle del Yeguaré, km 30 al Este de Tegucigalpa, Departamento de Francisco Morazán, Honduras.

### **Materia prima.**

El lactosuero dulce y la cuajada, se obtuvieron de la elaboración de queso mozzarella a un pH de 6.2, los cuales provinieron de la planta de Lácteos; a excepción del mango variedad Hadden que fue recolectado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

### **Diseño experimental.**

La investigación se realizó utilizando un diseño ortogonal compuesto de segundo orden  $2^3$  bajo la metodología de Superficie de Respuesta. Los parámetros del proceso fueron codificados (-1, 0, +1), esto de acuerdo a la ecuación 1.

$$X_i = X_i = \left( \frac{X_i \cdot Z}{\Delta x_i} \right) \quad [1]$$

Dónde:

$X_i$ : = Valor codificado de la variable  $X_i$

$X_i$  = Valor real de la variable

$Z$  = Valor real de la variable en el punto central

$\Delta x_i$  = Valor de intervalo de variación de  $x_i$

Este modelo presenta dos niveles de variable axiales, que son codificados como  $+\alpha$  y  $-\alpha$ . El valor alfa depende del número factorial ( $F=2k$ ) del diseño y del número de variables independiente ( $K=3$ ), en el caso de este experimento se define por la ecuación 2.

$$\pm\alpha = (F)^{1/4} = (2k)^{1/4} = (23)^{1/4} = 1.682 \quad [2]$$

El número de tratamientos del experimento se determinó por medio de un diseño factorial completo, ecuación 3.

$$n = 2k + 2k + m \quad [3]$$

Dónde:

$2^k$  = Número de puntos factoriales

$2K$  = Número de puntos axiales

$m$  = Número de repeticiones del punto central

### Distribución de los tratamientos.

$2^k = 2^3 = 8$  puntos factoriales,  $2k = 2 \times 3 = 6$  puntos axiales,  $m = 6$  repeticiones del punto central, para un total de 20 unidades experimentales (cuadro 3).

Para el análisis de los resultados del estudio, el método describe el comportamiento de la combinación de las variables independientes ( $X^k$ ), la variable dependiente o la respuesta ( $Y_i$ ). La respuesta fue en función de los niveles en donde las variables independientes fueron combinadas. Definidas por (Box y Draper 1967) con la ecuación 4.

$$Y_i = F(X_1, X_2, \dots, X_k) \quad [4]$$

Cada respuesta se ajustó a través de un análisis de regresión lineal con un polinomio cuadrático con las variables ( $X_k$ ) para cada respuesta ( $Y$ ). El término general que se utilizó para predecir el comportamiento de cada respuesta se describe con la ecuación 5.

$$Y_i = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + B_{33}X_3^2 + B_{12}X_1X_2 + \varepsilon \quad [5]$$

Dónde:

$Y_i$  = Función respuesta;

$X_1, X_2$  = Valores de las variables independientes;

$B_0$  = Coeficiente relativo a la interpretación del plan con la respuesta en el eje;

$B_1, B_2, B_3$  = Coeficientes lineales estimados por el mínimo cuadrado;

$B_{11}, B_{22}, B_{33}$  = Coeficientes de variables cuadráticas;

$B_{12}, B_{13}, B_{22}$  = Coeficiente de interacción entre las variables independientes;

$\varepsilon$  = Error experimental.

Los niveles codificados representados con los valores -1, 0, +1; y los valores axiales  $-\alpha$  y  $+\alpha$  de las variables independientes del experimento (porcentaje de cuajada, sacarosa y pulpa) (Cuadro 1). Los valores se determinaron en base a conocimiento y experiencia del investigador, además de pruebas preliminares basados en el porcentaje de sacarosa utilizado, resultando la prueba con 5% de sacarosa la mejor opción (Cuadro 2), dado a que se busca que la cuajada en sirope no sea un producto con alto contenido de azúcares.

Cuadro 1. Niveles codificados de las variables independientes del experimento.

Variables independientes	Niveles				
	-a	-1	0	1	+a
% Pulpa X <sub>1</sub>	0.0	2.45	6.0	9.55	12.0
% Sacarosa X <sub>2</sub>	4.0	4.8	6.0	7.2	8.0
% Cuajada X <sub>3</sub>	8.0	9.6	12.0	14.4	16.0

Los valores reales del diseño experimental fueron determinados en base a la siguiente formulación realizada en la planta de lácteos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

Cuadro 2. Formulación preliminar de la cuajada en sirope.

Ingredientes	Cantidad (kg)	Porcentaje (%)
Suero de leche	5	76
Cuajada	0.75	11
Sacarosa	0.3	5
Pulpa	0.5	8
Total	6.55	100

#### **Análisis estadístico.**

Se realizó una separación de medias ajustadas al cuadrado mínimo y un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de  $P < 0.05$  a dos bloques correspondiente a los 20 tratamientos cada uno, a través del programa “Statistical Analysis System” (SAS Versión 9.3®).

Se utilizó el programa Statistica versión 7.0. Para analizar las variables independientes codificadas y obtener los coeficientes de regresión para la elaboración de gráficos superficie respuesta. Para la interpretación de los datos y que el modelo sea denominado predictivo se utilizó un  $R^2$  mayor a 0.7, una falta de ajuste no significativa y un F calculado  $> F$  tabular, y los modelos que no cumplan con una de las condiciones anteriores serán considerado tendenciosos (Rocha 2009).

Cuadro 3. Diseño experimental del estudio de cuajada en sirope de suero.

Tratamientos	Niveles Codificados de las variables			Niveles reales de las variables		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Pulpa (%)	Sacarosa (%)	Cuajada (%)
1	-1	-1	-1	2.5	4.8	9.6
2	1	-1	-1	9.6	4.8	9.6
3	-1	1	-1	2.5	7.2	9.6
4	1	1	-1	9.6	7.2	9.6
5	-1	-1	1	2.5	4.8	14.4
6	1	-1	1	9.6	4.8	14.4
7	-1	1	1	2.5	7.2	14.4
8	1	1	1	9.6	7.2	14.4
9	-1.682	0	0	0.0	4.8	12.0
10	1.682	0	0	12.0	4.8	12.0
11	0	-1.682	0	6.0	4.0	12.0
12	0	1.682	0	6.0	8.0	12.0
13	0	0	-1.682	6.0	6.0	8.0
14	0	0	1.682	6.0	6.0	16.0
15©	0	0	0	6.0	6.0	12.0
16©	0	0	0	6.0	6.0	12.0
17©	0	0	0	6.0	6.0	12.0
18©	0	0	0	6.0	6.0	12.0
19©	0	0	0	6.0	6.0	12.0
20©	0	0	0	6.0	6.0	12.0

©: Punto central del experimento.

#### **Elaboración de la cuajada en sirope.**

Se recolectó lactosuero y cuajada de la elaboración de queso Zamorella. El suero recolectado tenía un pH inicial en promedio de 6.2 y 6.8 °Brix. La cuajada debe ser lo más fresca posible para evitar la acidificación debido al proceso de maduración, el pH inicial de la cuajada en promedio es 5.6. Los diferentes tratamientos fueron procesados como se muestra en la figura 1 en la Planta de Lácteos de la Escuela Agrícola Panamericana.

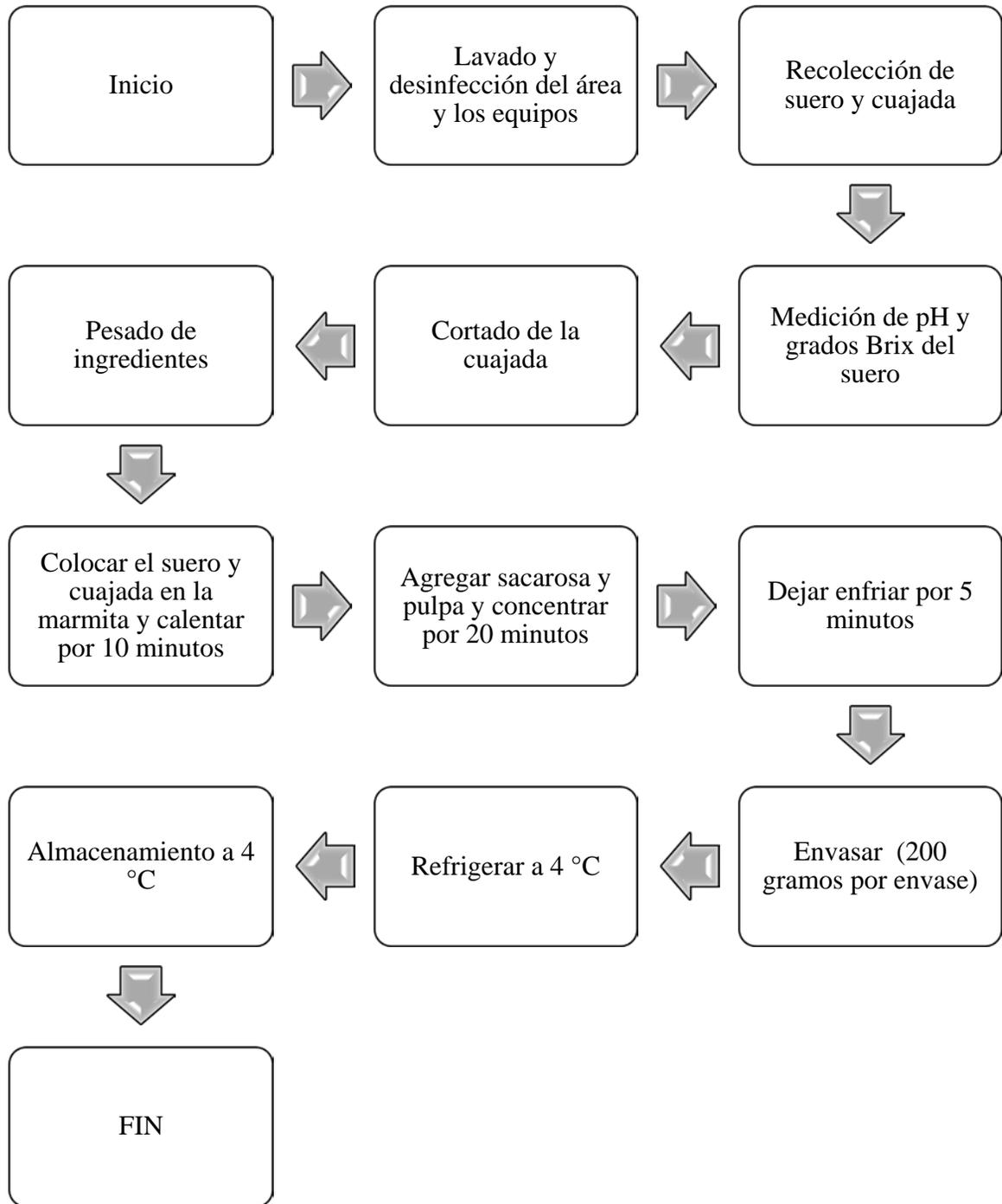


Figura 1. Diagrama de flujo de proceso de la cuajada en sirope de suero.

## **Análisis fisicoquímicos.**

**Determinación de rendimiento.** Una vez elaborada la cuajada en sirope se pesó en una balanza y su porcentaje de rendimiento se determinó en base al peso total de casa ingrediente utilizado. Todos los tratamientos fueron sometidos a la determinación de rendimiento.

**Medición de pH.** Se midió el pH a todos los tratamientos, al suero y la cuajada previa al proceso. Se evaluaron las muestras por medio de un potenciómetro mediante el método AOAC 981.12. El pH de la cuajada fue medido bajo el método, pesando 10 gramos de cuajada colocados en 100 ml de agua destilada, luego mezclado en el agitador magnético a una velocidad de 8 rpm para todos los tratamientos por 5 minutos.

**Medición de sólidos solubles (°Brix).** Los grados °Brix de cada tratamiento se midieron a través de un refractómetro digital Atago PAL-3 0-93 % Brix, en el LAAZ. Mediante el método: AOAC 983.17.

**Medición de proteína.** Se midió el contenido de proteína cruda, con el método oficial AOAC 2001.11, se utilizó un método directo Kjeldahl (titulación) con un factor de conversión de 6.38 para productos lácteos. Este análisis fue realizado en cuatro tratamientos el óptimo, punto central, tratamiento con mayor contenido de cuajada y tratamiento con menor contenido de cuajada.

**Medición de humedad.** La humedad de los tratamientos se midió en Horno de aire forzado a 105 °C, se utilizó el método oficial AOAC 952.08. Este análisis fue realizado en cuatro tratamientos el óptimo, punto central, tratamiento con mayor contenido de cuajada y el tratamiento con menor contenido de cuajada.

**Medición de minerales totales (cenizas).** Se midió los minerales de las muestras de los tratamientos con el método oficial AOAC 923.03 por incineración en seco con el incinerador Sybron a 550 °C. Este análisis fue realizado a cuatro tratamientos el óptimo, punto central, tratamiento con mayor contenido de cuajada y el tratamiento con menor contenido de cuajada.

**Análisis de dureza y adhesividad.** Las distintas formulaciones fueron evaluadas mediante un Texturómetro de Brookfield basándose en la ISO 1652-2004. La adhesividad fue medida mediante el acople LV2 con una longitud y altura de 45 mm a una velocidad de 1,0 mm / s, con un objetivo de 10 mm de compresión por encima de la parte superior del recipiente (Brookfield 2017). Se tomaron tres muestras en un Beaker de 100 ml, todas las muestras lo más homogéneas posible. Se tomaron datos por triplicado, reportando resultados cada 20 segundos.

**Determinación de grasa.** En la preparación de la muestra se homogenizó la cuajada con el sirope y se secaron las tasas con 5 perlas de ebullición a 105 °C por 30 min. En el pesado se agregó 1g de dióxido de silicio por dedal, se pesaron  $1\text{ g} \pm 0.0001$  de muestra. La muestra en el dedal fue secada a 105 °C por 2 horas.

Los crisoles son pesadas después de los 30 min de secado y 30 min de enfriamiento. En la etapa de hidrólisis ácida colocamos 900 ml de ácido clorhídrico a 4N luego colocamos los dedales y encendimos la temperatura al nivel 9 cuando empezó la ebullición se cronometra el tiempo de 1 hora. Luego de esto se expulsó el ácido clorhídrico activando el mando de “Waste removal” se llenó y vació hasta el límite establecido por el equipo con agua seis veces el llenado se realizó activando el mando de “Rinse water”. Los dedales fueron secados a 60 °C por 8 horas. En la extracción se colocaron los dedales en el Soxtec 2050, luego las tasas. Se introdujeron 80 ml de Éter de Petrolero 40-60 °C por cada crisol. El proceso de extracción contó con 20 min de inmersión, 30 min de extracción, 10 min de secado y 5 min de enfriamiento para un total de 1 hora y 5 min. La temperatura de extracción fue de 135 °C. Se retiraron los crisoles y fueron colocados en el horno a 105 °C por 30 min y luego enfriados por 30 min. Se pesaron los crisoles con una variación de  $\pm 0.0001$  g. Para obtener la cantidad de grasa cruda se realizó el cálculo de acuerdo a la ecuación 6. La ecuación se basa en restar el peso del crisol inicial con el peso del crisol final que contiene la grasa (el diferencial es el contenido de grasa), esta se divide por el peso de la muestra y el resultado es multiplicado por cien obteniendo un porcentaje. Cada repetición cuenta con un duplicado. Este análisis fue realizado a cuatro tratamientos el óptimo, punto central, tratamiento con mayor contenido de cuajada y el tratamiento con menor contenido de cuajada.

$$\% \text{ Grasa cruda} = \frac{\text{peso de la taza vacía} - \text{peso de la taza con grasa}}{\text{Peso de muestra}} * 100 \quad [6]$$

**Determinación de fibra.** Se analizó el porcentaje de fibra dietética que contiene la cuajada en sirope mediante el método AOAC 991.43, este análisis fue realizado a cuatro tratamientos el óptimo, punto central, tratamiento con mayor contenido de cuajada y el tratamiento con menor contenido de cuajada.

**Color.** El color de la cuajada en sirope se determinó por Colorflex Hunterlab donde se utilizaron los valores  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ; para esto se tomaron los tratamientos correspondientes al punto central y se realizó un promedio de los valores arrojados por el programa, y este promedio se tomó como estándar para el cálculo de  $\Delta E$ .

Dónde:

L= luminosidad para lo cual se utilizó las siguientes denominaciones cero significa negro y 100 significa blanco.

a= (- 80 a cero= verde, rojo= cero a 100).

b= (-100 a cero= azul, amarillo= cero a 100).

$\Delta E$  (diferencia total del color).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad [7]$$

Delta E ( $\Delta E$ ) es el resultado de la raíz cuadrática de la suma de la diferencia de luminosidad ( $\Delta L$ ), de tono verde-rojo ( $\Delta a$ ) y de tono azul-amarillo ( $\Delta b$ ) que expresa el diferencial total del color de la comparación de dos muestras. Se realizaron tres repeticiones para cada muestra en una placa de vidrio de 3 cm de diámetro.

### **Análisis microbiológicos.**

Se midieron por triplicado 10 g de cuajada en sirope y se mezclaron con 90 ml de buffer de fosfatos por medio de un homogenizador (Stomacher) para muestras (dos minutos por repetición). Cada dilución  $10^1$  obtenida fue diluida nuevamente en tubos de ensayo (con 9 ml de buffer de fosfatos) para generar diluciones de  $10^2$  y  $10^3$  de la muestra. Cada una de estas diluciones fue mezclada en un mezclador vórtice (Vortex) durante siete segundos. Una vez con las diluciones listas, se transfirió 1 ml de cada dilución a tres tubos con 10 ml de caldo lauryl triptona (CLT) obteniendo nueve tubos por cada muestra distribuidos en las tres diluciones. Se prosiguió a incubar los medios durante 48 horas y se leyeron los resultados para luego ser comparados con una tabla para interpretación de resultados de NMP (Feng *et al.* 2002). Se analizaron cuatro muestras de cuajada en sirope, tratamiento óptimo, el tratamiento del punto central, tratamiento con mayor contenido de cuajada y el tratamiento con menor contenido de cuajada. Se realizó conteo de mesófilos aerobios y Coliformes totales y fecales. Para el análisis de mesófilos aerobios se utilizó la técnica de vaciado en placa (Maturin y Peeler 2001).

### **Análisis sensorial.**

La aceptación de la cuajada en sirope se evaluó mediante una prueba de aceptación a 100 panelistas no entrenados. Se usó la escala hedónica de nueve puntos, siendo 1 me disgusta extremadamente y 9 me gusta extremadamente. Se evaluaron los atributos de apariencia, color, textura, dulzura, viscosidad, sabor y aceptación general, a los cuales se les aplicó un análisis de correlación. Además, se evaluó la preferencia de los cuatro tratamientos; punto óptimo, punto central, tratamiento 13 y tratamiento 14, a través de una prueba de preferencia la cual fue analizada mediante una prueba de Chi cuadrado ( $P < 0.05$ ). Se efectuó un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias Duncan para determinar diferencia estadística significativa entre los tratamientos ( $P < 0.05$ ).

### **Análisis de costos variables.**

Se realizó un estudio de costos variables de todos los tratamientos de la investigación, y se seleccionó el tratamiento con mayor costo variable y el tratamiento con menor costo variable para realizar análisis proximal completo y análisis sensorial.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **Análisis del rendimiento de la cuajada en sirope.**

El rendimiento al usar 9.6% de pulpa, 7.2% de sacarosa y 14.4% de cuajada (tratamiento 8) y al usar 6.0% de pulpa, 6.0% de sacarosa y 16.0% de cuajada (tratamiento 14) fue mayor que todos los demás tratamientos (Cuadro 4). El rendimiento en los quesos varía según la composición de la leche utilizada (contenido de sólidos), el método de elaboración y de los cuidados realizados en el proceso para evitar la pérdida de cuajada en el suero (Revilla 2009). Por lo tanto, el mayor rendimiento se atribuye a la combinación de los porcentajes de pulpa, sacarosa y cuajada en el tratamiento ocho que corresponden a las cantidades más cercanas al mayor porcentaje de cada variable, y al porcentaje de cuajada en el tratamiento 14 que corresponde al mayor en todos los tratamientos.

Cuadro 4. Efecto de la combinación de pulpa, sacarosa y cuajada en el rendimiento de la cuajada en sirope.

<b>Tratamiento</b>	<b>Pulpa (%)</b>	<b>Sacarosa (%)</b>	<b>Cuajada (%)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
1	2.5	4.8	9.6	23.4 <sup>CD</sup>
2	9.6	4.8	9.6	25.2 <sup>CB</sup>
3	2.5	7.2	9.6	25.1 <sup>BC</sup>
4	9.6	7.2	9.6	27.1 <sup>B</sup>
5	2.5	4.8	14.4	26.4 <sup>B</sup>
6	9.6	4.8	14.4	25.2 <sup>BC</sup>
7	2.5	7.2	14.4	26.7 <sup>B</sup>
8	9.6	7.2	14.4	29.9 <sup>A</sup>
9	0.0	4.8	12.0	21.7 <sup>D</sup>
10	12	4.8	12.0	26.7 <sup>B</sup>
11	6.0	4.0	12.0	24.7 <sup>BC</sup>
12	6.0	8.0	12.0	26.4 <sup>B</sup>
13	6.0	6.0	8.0	26.6 <sup>B</sup>
14	6.0	6.0	16.0	30.4 <sup>A</sup>
15	6.0	6.0	12.0	26.7 <sup>B</sup>
16	6.0	6.0	12.0	27.2 <sup>B</sup>
17	6.0	6.0	12.0	26.2 <sup>B</sup>
18	6.0	6.0	12.0	26.9 <sup>B</sup>
19	6.0	6.0	12.0	27.2 <sup>B</sup>
20	6.0	6.0	12.0	26.4 <sup>B</sup>

**Coefficiente de variación (%): 1.289 R<sup>2</sup> 0.996**

Valores seguidos por una letra mayúscula (columna) son estadísticamente (P<0.05).

Las variables porcentaje de pulpa, sacarosa y cuajada fueron estadísticamente significativas ( $P < 0.01$ ) (Cuadro 5). La variable independiente con mayor efecto en el rendimiento de la cuajada en sirope fue el porcentaje de cuajada seguido del porcentaje de pulpa de mango (Ecuación 8).

El  $R^2$  encontrado para la variable rendimiento fue de 0.63, la prueba F con un nivel de significancia del 10% generó un valor F calculado de  $19.62 > F$  tabular 2.54 y la falta de ajuste de 0.000953 fue significativa (Cuadro 5). Por lo descrito, esta variable presentó un comportamiento tendencioso, ya que no cumplió con los tres parámetros. La siguiente ecuación matemática representa el rendimiento de la cuajada en sirope basado en los resultados significativos del cuadro 5:

$$\text{Rendimiento} = 26.7 + 0.58 X_1 - 0.37X_1^2 + 0.12X_2 - 0.42X_2^2 + 0.82 X_3 \quad [8]$$

En base al modelo (Ecuación 8) se crearon dos gráficos de superficie respuesta (Figura 2 y 3), donde se muestra un cambio en el rendimiento sobre el aumento de pulpa, sacarosa y cuajada.

Cuadro 5. Coeficientes de regresión, probabilidades de un modelo de regresión polinomial, valores F y  $R^2$  para rendimiento en función del porcentaje de pulpa, sacarosa y cuajada.

<b>Factor</b>	<b>Coefficiente de regresión</b>	<b>Probabilidad</b>
Intercepto	2.67E+01	1.68E-10*
X <sub>1</sub>	5.80E-01	3.13E-03*
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	-3.65E-01	1.85E-02*
X <sub>2</sub>	1.17E-01	1.22E-04*
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	4.21E-01	1.07E-02*
X <sub>3</sub>	8.17E-01	6.71E-04*
X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	1.84E-01	1.44E-01
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	-2.72E-01	1.15E-01
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	-7.49E-01	3.32E-03
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	2.63E-01	1.24E-01
<b>Falta de ajuste</b>		0.000953*
<b>R<sup>2</sup></b>	0.63	
<b>F. Calculado</b>	19.63	
<b>F. Tabular</b>	2.54	

X<sub>1</sub>: Pulpa (%) X<sub>2</sub>: Sacarosa (%), X<sub>3</sub>: Cuajada (%) \*: Significativo ( $P < 0.10$ ).

Los resultados obtenidos por el modelo superficie de respuesta muestran que a mayor porcentaje de cuajada, sacarosa y pulpa mayor es el rendimiento de la cuajada en sirope (figuras 2 y 3). Existen varios factores que pueden afectar el rendimiento del queso durante el procesamiento como son el tratamiento térmico, pH de la cuajada y contenido de minerales (Reyes 2014).

A mayor porcentaje de cuajada y sacarosa mayor rendimiento (Figura 2) debido a que el rendimiento fue determinado en base al peso del producto final; la cuajada representa el ingrediente con mayor porcentaje en el queso en sirope después del suero, por lo que la cantidad utilizada afecta el rendimiento del producto.

Además, la pasteurización o procesos que implican altas temperaturas provocan la desnaturalización de las proteínas séricas (2-3%), la  $\beta$ -lactoglobulina desnaturalizada tiende a asociarse a la K-caseína y formar parte de la cuajada; esto provoca un aumento en el rendimiento por la presencia de la proteína sérica y también por su conocida capacidad de hidratación, a mayor porcentaje de humedad mayor rendimiento en los quesos (Vides 2010). Además, el contenido de calcio y fosfato en un queso contribuye significativamente al rendimiento (Cunningham 2000), estos minerales son más disponibles a pH que oscilan entre 6.2 y 6.5 (Zimmermann y Ruíz 2010). La cuajada para la elaboración de la cuajada en sirope de los diferentes tratamientos presentó un pH inicial de 5.6, debido a que es cuajada obtenida del proceso de elaboración del queso Zamorella, la cual presenta un pH de 5.19 (Reyes 2014). y el pH final osciló entre 6.2 y 6.9. Esto se debe a la actividad proteolítica causada por las altas temperaturas que provocan un aumento en el pH.

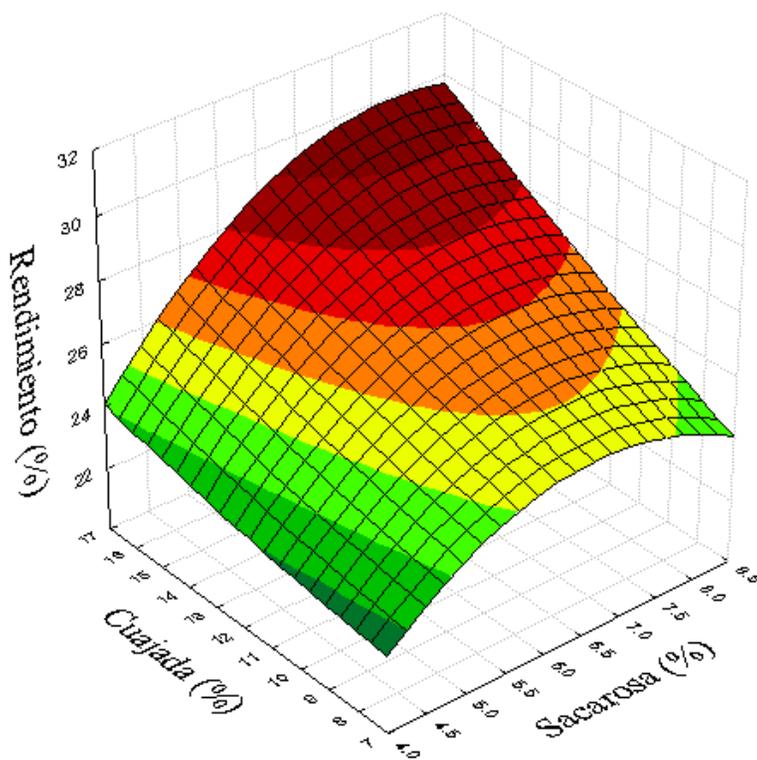


Figura 2. Efecto del porcentaje de cuajada y sacarosa en el rendimiento de la cuajada en sirope.

El rendimiento de la cuajada en sirope varía entre 21 y 30%, debido al uso de cuajada de queso Zamorella, el cual tiene un rendimiento que varía entre 8 y 12% (Revilla 2000), el uso de sacarosa y pulpa, aumentan los sólidos en la cuajada en sirope, mayor cantidad de sólidos solubles mayor rendimiento (Castaño *et al.* 2000). El suero también influye en el rendimiento, debido a las proteínas que se coagulan durante el proceso de elaboración (Punidades *et al.* 1999).

La pulpa de mango contiene 12 °Brix, el proceso térmico (120 °C) de la cuajada en sirope concentra los sólidos y aumenta los sólidos totales de la cuajada en sirope de suero (INTI 2010). El rendimiento de la pulpa de mango es aproximadamente 60%, al aumentar el porcentaje de pulpa y sacarosa en la mermelada aumenta su rendimiento (FAO 2017). Debido al porcentaje de sólidos y azúcares en la pulpa de mango esta afecta el rendimiento de la cuajada en sirope de suero (Figura 3).

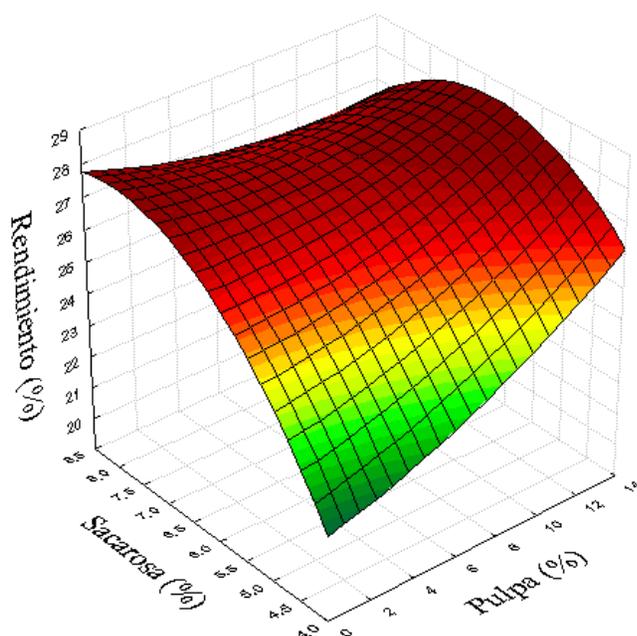


Figura 3. Efecto del porcentaje de sacarosa y pulpa en el rendimiento de la cuajada en sirope.

### Análisis de dureza de la cuajada en sirope.

Los tratamientos presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en la dureza. Los tratamientos con 9.6% de pulpa, 7.2% de sacarosa y 9.6% de cuajada (tratamiento 4) y el tratamiento con 9.6% de pulpa, 7.2% de sacarosa y 14.4% (Tratamiento 8) de cuajada con mayor dureza y el tratamiento con 6% de pulpa, 4% de sacarosa y 12% de cuajada (tratamiento 11) y el tratamiento con 6% de pulpa, 6% de sacarosa y 12% de cuajada (tratamiento 15) con menor dureza (Cuadro 6). La dureza de los tratamientos uno, cuatro y cinco varía entre 3.33 y 3.78 N, debido a que la cuajada es obtenida de la elaboración de queso Zamorella, la cual presenta dureza  $3.71 \pm 0.35$  N (Reyes 2014).

Cuadro 6. Efecto de la combinación de pulpa, sacarosa y cuajada en la dureza de la cuajada en sirope de suero.

Tratamiento	Pulpa (%)	Sacarosa (%)	Cuajada (%)	Dureza (N)
1	2.5	4.8	9.6	3.33 <sup>F</sup>
2	9.6	4.8	9.6	6.49 <sup>D</sup>
3	2.5	7.2	9.6	8.29 <sup>C</sup>
4	9.6	7.2	9.6	13.84 <sup>A</sup>
5	2.5	4.8	14.4	3.78 <sup>F</sup>
6	9.6	4.8	14.4	3.39 <sup>F</sup>
7	2.5	7.2	14.4	8.26 <sup>C</sup>
8	9.6	7.2	14.4	13.88 <sup>A</sup>
9	0.0	4.8	12.0	2.61 <sup>FG</sup>
10	12.0	4.8	12.0	8.54 <sup>C</sup>
11	6.0	4.0	12.0	0.92 <sup>H</sup>
12	6.0	8.0	12.0	7.50 <sup>C</sup>
13	6.0	6.0	8.0	5.33 <sup>E</sup>
14	6.0	6.0	16.0	9.86 <sup>B</sup>
15	6.0	6.0	12.0	1.98 <sup>GH</sup>
16	6.0	6.0	12.0	2.13 <sup>GH</sup>
17	6.0	6.0	12.0	1.48 <sup>GH</sup>
18	6.0	6.0	12.0	1.72 <sup>GH</sup>
19	6.0	6.0	12.0	1.30 <sup>H</sup>
20	6.0	6.0	12.0	1.36 <sup>H</sup>
<b>Coefficiente de variación (%)</b>				<b>10.471</b>
<b>R<sup>2</sup></b>				<b>0.997</b>

Valores seguidos por una letra mayúscula (columna) son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

La dureza expresada en Newton (N) indica la fuerza que se debe ejercer en la mandíbula humana para poder cortar y masticar este producto. El humano tiene un rango de fuerza entre 80-100 N por mordida (Borie *et al.* 2014).

Todas las variables independientes y sus interacciones fueron significativas (Cuadro 7) todas afectan la variable dureza de la cuajada en sirope ( $P < 0.10$ ). La sacarosa y la relación sacarosa cuajada tuvieron mayor efecto en la dureza de la cuajada en sirope y la pulpa menor efecto (Ecuación 9).

El  $R^2$  encontrado fue de 0.70 para la variable dureza, la prueba F con un nivel de significancia del 10% generó un valor F calculado de  $209.68 > F$  tabular 3.24 y la falta de ajuste de 0.000016 fue significativa. Por lo descrito, esta variable presentó un comportamiento tendencioso.

La siguiente ecuación matemática representa la dureza (N) de la cuajada en sirope basado en los resultados significativos del cuadro 7 en la predicción de comportamientos de la variable dependiente estudiada:

$$\text{Dureza} = 1.61 - 0.58X_1 + 1.88 X_1^2 + 0.70 X_2 + 2.45X_2^2 + -1.73X_3 + 1.08X_3^2 - 1.96EX_1X_2 - 0.87X_1X_3 + 0.56X_2X_3 \quad [9]$$

Cuadro 7. Coeficientes de regresión, probabilidades de un modelo de regresión polinomial valores F y  $R^2$  para la variable de dureza de la cuajada en sirope en función del porcentaje de pulpa, sacarosa y cuajada.

<b>Factor</b>	<b>Coefficiente de regresión</b>	<b>Probabilidad</b>
Intercepto	1.61E+00	8.43E-05*
X <sub>1</sub>	-5.75E-01	1.54E-03*
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	1.88E+00	4.57E-06*
X <sub>2</sub>	7.02E-01	6.15E-04*
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	2.45E+00	1.22E-06*
X <sub>3</sub>	-1.73E+00	7.79E-06*
X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	1.08E+00	6.98E-05*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	-1.96E+00	1.58E-05*
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	-8.66E-01	8.03E-04*
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	5.55E-01	5.74E-03*
<b>Falta de ajuste</b>		0.000016*
<b>R<sup>2</sup></b>	0.70	
<b>F. Calculado</b>	209.68	
<b>F. Tabular</b>	3.24	

X<sub>1</sub>: Pulpa (%) X<sub>2</sub>: Sacarosa (%), X<sub>3</sub>: Cuajada (%) \*: Significativo ( $P < 0.10$ ).

La firmeza de la red proteica depende también de factores tales como el contenido de agua, el contenido de grasa y el contenido de minerales. Un contenido alto de humedad o grasa debilita la firmeza de la estructura dado que, necesariamente, las proteínas deben estar más alejadas entre sí (Cunningham 2000).

A mayor porcentaje de pulpa y menor porcentaje de sacarosa aumenta la dureza ligeramente en la cuajada en sirope de suero (Figura 4). La pulpa de mango contiene fibra soluble (pectinas) (Martínez *et al.* 2012) la cual es la encargada del efecto gelificante en las mermeladas (Nayeli 2016). La fibra presente en la pulpa de mango es considerada ligeramente dura (Martinez *et al.* 2003), por lo cual el porcentaje de pulpa afecta la dureza de la cuajada en sirope. Además, el contenido de sólidos presentes en la pulpa es concentrado por el proceso térmico al que se someten en la elaboración del queso en sirope, dado a que investigaciones han demostrado que altas temperaturas generan endurecimiento en los compuestos de las frutas (Hincapié *et al.* 2014). La pulpa de mango posee 83% de humedad, por lo que a mayor porcentaje de sacarosa y pulpa no hay mayor dureza (Figura 4).

En la figura 4 se observa que a mayor porcentaje de sacarosa aumenta la dureza de la cuajada en sirope de suero, debido a que mayor porcentaje de sacarosa mayor dureza en los alimentos (Valencia *et al.* 2008). Por la evaporación desarrollada en el proceso de elaboración de queso en sirope, la sacarosa está en su estructura no cristalina o amorfa, la cual genera dureza en los alimentos (Briones 2009). Esto no solo ocurre en la cuajada en sirope, en otros productos, como el manjar sólido al aumentar la concentración de sacarosa aumenta la dureza (Quezada 2013).

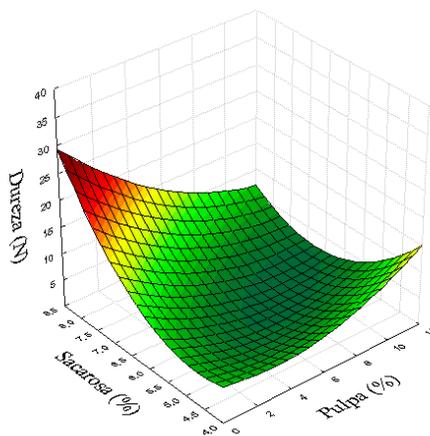


Figura 4. Efecto del porcentaje de sacarosa y pulpa en la dureza de la cuajada en sirope.

El lactosuero también afecta la dureza de la cuajada en sirope, tal como ocurrió en los estudios de Solís (2013) Efecto del uso de lactosuero dulce en el rendimiento y en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de pan blanco, donde los tratamientos con mayor porcentaje de suero presentaron mayor firmeza, lo cual se le atribuye a las proteínas presentes en el suero. Por otro lado, se le atribuye al calcio, un incremento en la dureza del queso (Pedro 2013). El calcio tiene como función darle mayor firmeza mecánica a la cuajada. Esto es particularmente importante cuando se trata de leche pasteurizada porque, durante la pasteurización, se da un proceso normal de descalcificación parcial de las caseínas (Lechería 2017).

A mayor porcentaje de cuajada mayor dureza en la cuajada en sirope (Figura 5), esto se debe al contenido de caseína y la temperatura del proceso. La firmeza de un queso aumenta en proporción a la relación proteína/agua; a medida que baja el pH y se disuelve el fosfato de calcio coloidal, las micelas van perdiendo su identidad original y dan lugar a estructuras diferentes. La firmeza de la red proteica depende también de factores tales como el contenido de agua, el contenido de grasa y el contenido de minerales. Un contenido alto de humedad o grasa debilita la firmeza de la estructura dado que, necesariamente, las proteínas deben estar más alejadas entre sí (Cunningham 2000).

La cuajada utilizada para la elaboración de queso en sirope es fresca tiene mayor contenido de humedad, y es sumergida en suero, lo cual afecta la dureza, por lo tanto, la baja dureza presentada en algunos tratamientos. Según estudios realizados por Guzmán *et al.* 2015, a mayor contenido de humedad menos dureza, lo cual es inverso a medida pasa el tiempo debido a la sinéresis, que es causado por el re arreglo de la red proteica continua, que forman las micelas de caseína, durante este proceso la capa externa de la cuajada es la que más se contrae, dando la expulsión del lactosuero.

El proceso mediante el cual la cuajada va adquiriendo firmeza involucra la formación de entrecruzamientos entre las micelas de caseína, dando lugar a una red cada vez más reticulada y fuerte, lo que hace que el gel proteico se encoja gradualmente, expulsando lactosuero y atrapando y distorsionando los glóbulos de grasa (Cunningham 2000). Castro *et al.* (2014), en su estudio de la textura y reología de quesos bajos en grasa concluye que a mayor tiempo de maduración o almacenamiento aumenta la dureza en los quesos. La dureza se ve afectada por la temperatura a la que se somete el queso en sirope, a mayor temperatura de pasteurización se obtiene una cuajada más débil y delgada, untabilidad y mayor capacidad de retención de suero (Frau *et al.* 2014).

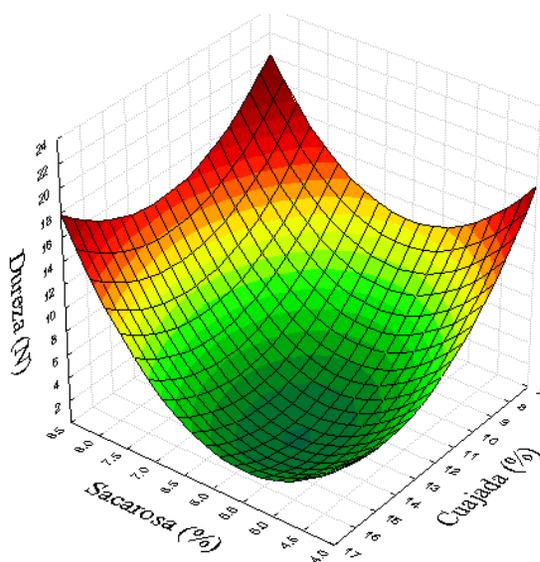


Figura 5. Efecto del porcentaje de cuajada y sacarosa en la dureza de la cuajada en sirope.

### Adhesividad de la cuajada en sirope.

Existió diferencia significativa entre los tratamientos ( $P < 0.05$ ). Los tratamientos con 6% de pulpa, 6% de sacarosa y 16% de cuajada (tratamiento 14) y el tratamiento con 6% de pulpa, 8% de sacarosa y 12% de cuajada (tratamiento 12) presentaron mayor adhesividad. El tratamiento 14 tiene mayor contenido de cuajada que los demás tratamientos y el tratamiento 12 mayor porcentaje de sacarosa (Cuadro 8). A mayor concentración de sólidos totales en los alimentos mayor adhesividad (Rodríguez y Ruíz 2012). Por lo que la alta adhesividad en estos tratamientos se atribuye al contenido de sólidos que proporcionan la cuajada, sacarosa y pulpa.

Cuadro 8. Efecto de la combinación de pulpa, sacarosa y cuajada en la adhesividad de la cuajada en sirope.

Tratamiento	Pulpa (%)	Sacarosa (%)	Cuajada (%)	Adhesividad (N)
1	2.5	4.8	9.6	0.027 <sup>J</sup>
2	9.6	4.8	9.6	0.069 <sup>E</sup>
3	2.5	7.2	9.6	0.079 <sup>D</sup>
4	9.6	7.2	9.6	0.133 <sup>B</sup>
5	2.5	4.8	14.4	0.034 <sup>HI</sup>
6	9.6	4.8	14.4	0.040 <sup>H</sup>
7	2.5	7.2	14.4	0.037 <sup>HI</sup>
8	9.6	7.2	14.4	0.127 <sup>C</sup>
9	0.0	4.8	12.0	0.032 <sup>IJK</sup>
10	12.0	4.8	12.0	0.140 <sup>B</sup>
11	6.0	4.0	12.0	0.059 <sup>F</sup>
12	6.0	8.0	12.0	0.142 <sup>B</sup>
13	6.0	6.0	8.0	0.052 <sup>G</sup>
14	6.0	6.0	16.0	0.196 <sup>A</sup>
15	6.0	6.0	12.0	0.032 <sup>IJ</sup>
16	6.0	6.0	12.0	0.032 <sup>IJ</sup>
17	6.0	6.0	12.0	0.029 <sup>IJ</sup>
18	6.0	6.0	12.0	0.029 <sup>IJ</sup>
19	6.0	6.0	12.0	0.032 <sup>IJ</sup>
20	6.0	6.0	12.0	0.032 <sup>IJ</sup>
<b>Coefficiente de variación (%)</b>				3.7765
<b>R<sup>2</sup></b>				0.9995

Valores seguidos por una letra mayúscula (columna) son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

El R<sup>2</sup> encontrado fue de 0.84 para la variable adhesividad, la prueba F con un nivel de significancia del 10% generó un valor F calculado de 1134.98 > F tabular 3.24 y la falta de ajuste de 0.000001 fue significativa. Por lo descrito, esta variable presentó un comportamiento tendencioso. La variable independiente de mayor efecto en la adhesividad del sirope es el porcentaje de sacarosa, porcentaje de cuajada y porcentaje de pulpa respectivamente (Ecuación 10).

La expresión matemática que representa la adhesividad del queso en sirope basado en los resultados significativos del cuadro 9 en la predicción de comportamientos de la variable dependiente estudiada:

$$\text{Adhesividad} = 0.03 + 0.014 X_1 + 0.021 X_1^2 + 0.004 X_2 + 0.008 X_2^2 - 0.075 X_3 + 0.005 X_3^2 - 0.027 X_1X_2 - 0.023 X_1X_3 + 0.013 X_2X_3 \quad [10]$$

Cuadro 9. Coeficientes de regresión, probabilidades de un modelo de regresión polinomial, valores F y R<sup>2</sup> para la variable de adhesividad de la cuajada en sirope en función del porcentaje de pulpa, sacarosa y cuajada.

<b>Factor</b>	<b>Coefficiente de regresión</b>	<b>Probabilidad</b>
Intercepto	3.04E-02	2.93E-08*
X <sub>1</sub>	1.41E-02	1.76E-07*
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	2.09E-02	2.16E-08*
X <sub>2</sub>	3.62E-03	1.45E-04*
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	8.34E-03	2.09E-06*
X <sub>3</sub>	-7.51E-03	4.03E-06*
X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	5.34E-03	1.90E-05*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	-2.65E-02	2.87E-08*
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	-2.26E-02	6.31E-08*
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	1.28E-02	1.10E-06*
<b>Falta de ajuste</b>		<b>0.000001*</b>
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.84</b>	
<b>F. Calculado</b>	<b>1134.98</b>	
<b>F. Tabular</b>	<b>3.24</b>	

X<sub>1</sub>: Pulpa (%) X<sub>2</sub>: Sacarosa (%), X<sub>3</sub>: Cuajada (%) \*: Significativo (P<0.10)

A mayor porcentaje de sacarosa mayor adhesividad (figura 6), debido a que al aumentar la concentración de soluto hay mayor interacción soluto-agua y esto provoca restricción en el movimiento de partículas (Rojas *et al.* 2009). La sacarosa aporta propiedades funcionales a los alimentos al tener efecto en las características físicas (cristalización, viscosidad), (Salazar 2015). La adhesividad se ve afectada principalmente por el contenido de sólidos solubles, la acidez de la mezcla inicial y el porcentaje de sacarosa (Villalobos *et al.* 2013).

Se relaciona la adhesividad de la cuajada en sirope con la viscosidad, dado a que a mayor adhesividad mayor viscosidad, al igual que en otros productos lácteos como el dulce de leche (Villalobos *et al.* 2013). La figura 6 muestra que a mayor porcentaje de pulpa y menor porcentaje de sacarosa mayor adhesividad, el tratamiento con mayor porcentaje de pulpa (tratamiento 10) presentó mayor adhesividad que el tratamiento con menor porcentaje de pulpa (tratamiento 9) debido al contenido de pectina, la cual genera un comportamiento no Newtoniano con incremento del esfuerzo de corte, mientras que cuando se extrae la pulpa y la pectina, tienen comportamiento Newtoniano (Ibarz *et al.* 1996).

La pérdida de agua del producto por evaporación, conlleva un aumento en la concentración de sólidos de la pulpa y, por ende, en la adhesividad (Castro 2011). Como resultado de la interacción compleja entre los azúcares, las sustancias pécticas y los sólidos en suspensión, la gran mayoría de las pulpas de frutas son fluidos no Newtonianos, se puede atribuir a la reestructuración espacial molecular en la pulpa provocada por el aumento de la distancia intermolecular por el incremento de la temperatura (Quintana *et al.* 2015).

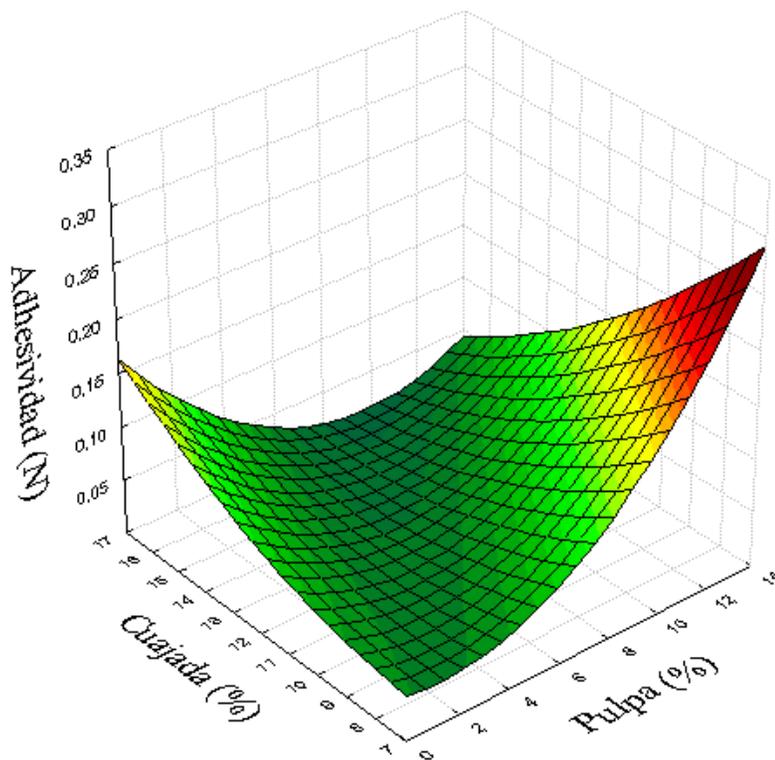


Figura 6. Efecto del porcentaje de cuajada y pulpa en la adhesividad de la cuajada en sirope.

A mayor porcentaje de cuajada aumentan los sólidos presentes en el queso en sirope, debido al contenido de proteínas en la cuajada, debido a que las proteínas aumentan la viscosidad, al igual que en otros productos tales como el yogurt (Sánchez 2016). Entre mayor sea la concentración de sólidos solubles en los productos, mayor adhesividad (Zunino 1998). El porcentaje de sacarosa en el queso en sirope afecta la adhesividad del sirope, dado a que a mayor contenido de sólidos solubles mayor viscosidad (Alba *et al.* 2011).

La temperatura del proceso también influye la adhesividad de la cuajada en sirope, esto se puede atribuir a que el aumento de la temperatura provoca una disminución del grado de interacción entre las moléculas, incrementando el espacio intermolecular, sin embargo, el contenido de sólidos solubles define la influencia de la temperatura en el comportamiento reológico (Rojas *et al.* 2009).

A mayor porcentaje de pulpa mayor cantidad de fructosa, investigaciones demuestran que mayor porcentaje de fructosa mayor adhesividad (García *et al.* 2008). Los resultados del estudio no concuerdan con la investigación realizada por Bazán (2010) Desarrollo y evaluación de un yogurt firme utilizando tres edulcorantes no calóricos y dos porcentajes de mango, en el cual el porcentaje de mango no tuvo efecto en la viscosidad del yogur.

A mayor porcentaje de sacarosa y cuajada mayor adhesividad (Figura 7), dado a que el aumento de la concentración de sacarosa provoca una disminución en la solubilidad de la proteína. Las moléculas de agua están fuertemente unidas a la sacarosa y existe una competencia entre los iones de sacarosa y las moléculas de proteína para las moléculas de agua (McSweeney y Fox 2009) lo cual genera mayor fuerza entre las moléculas.

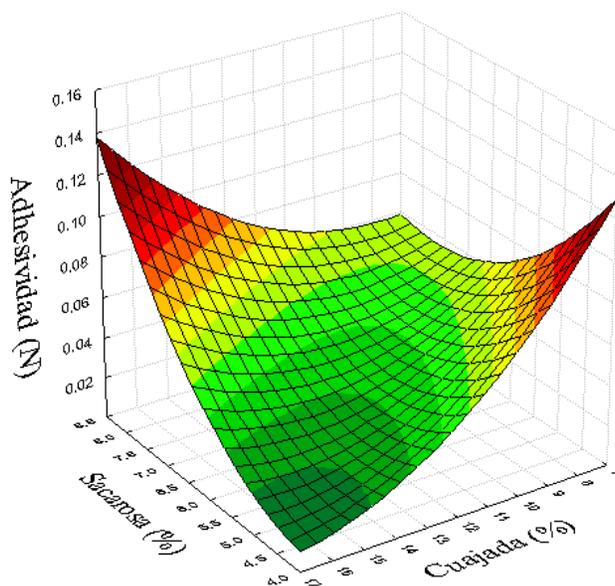


Figura 7. Efecto del porcentaje de sacarosa y cuajada en la adhesividad de la cuajada en sirope.

### Análisis de color de la cuajada en sirope.

Existió diferencia significativa ( $P<0.05$ ) en el color de los tratamientos de la cuajada en sirope de suero. Los tratamientos con 0% de pulpa, 4.8% de sacarosa y 12% de cuajada (tratamiento 9), y el tratamiento con 12% de pulpa, 4.8% de sacarosa y 12% de cuajada (tratamiento 10) presentaron mayor  $\Delta E$  y el tratamiento con 6% de pulpa, 6% de sacarosa y 12% de cuajada (tratamiento 15) menor  $\Delta E$  (Cuadro 10). El tratamiento 12 presentó mayor  $\Delta E$  debido a que la marmita utilizada para el proceso se reguló manualmente, causando fluctuaciones de temperatura en este proceso, siendo los cambios en las temperaturas una de las causas por la que ocurre la reacción de Maillard causando diferentes tonalidades en la mezcla (Hui 1993). Y el tratamiento nueve presentó mayor valor L debido a la ausencia de pulpa de mango, por lo tanto, se atribuye el delta E a este factor.

El promedio de los valores  $L=61.49$ ,  $a=10.01$  y  $b=40.01$  de las seis repeticiones del tratamiento punto central de la investigación (tratamiento 15) fueron utilizados como valores estándar para el cálculo de Delta E.

Cuadro 10. Efecto de la combinación de pulpa, sacarosa y cuajada en el color de la cuajada en sirope.

Tratamiento	Pulpa (%)	Sacarosa (%)	Cuajada (%)	L*	a*	b*	$\Delta E$
1	2.5	4.8	9.6	68.09	2.90	39.55	9.71 <sup>F</sup>
2	9.6	4.8	9.6	62.30	9.91	46.95	6.99 <sup>I</sup>
3	2.5	7.2	9.6	51.32	12.92	43.75	11.22 <sup>C</sup>
4	9.6	7.2	9.6	56.26	12.47	48.70	10.44 <sup>E</sup>
5	2.5	4.8	14.4	62.12	10.74	40.72	1.19 <sup>K</sup>
6	9.6	4.8	14.4	63.97	8.80	47.34	7.83 <sup>H</sup>
7	2.5	7.2	14.4	61.60	10.05	38.99	1.03 <sup>L</sup>
8	9.6	7.2	14.4	51.21	13.36	40.92	10.85 <sup>D</sup>
9	0.0	4.8	12.0	73.76	3.29	29.28	17.63 <sup>B</sup>
10	12.0	4.8	12.0	68.59	10.12	56.30	17.76 <sup>A</sup>
11	6.0	4.0	12.0	72.24	10.12	38.23	10.89 <sup>D</sup>
12	6.0	8.0	12.0	64.01	7.18	44.24	5.67 <sup>J</sup>
13	6.0	6.0	8.0	69.53	6.73	43.27	9.27 <sup>G</sup>
14	6.0	6.0	16.0	62.09	10.01	40.70	0.92 <sup>M</sup>
15	6.0	6.0	12.0	61.74	9.98	40.57	0.75 <sup>N</sup>
16	6.0	6.0	12.0	61.10	10.46	39.30	0.93 <sup>LM</sup>
17	6.0	6.0	12.0	61.28	9.95	39.76	0.33 <sup>P</sup>
18	6.0	6.0	12.0	61.30	10.09	40.07	0.22 <sup>Q</sup>
19	6.0	6.0	12.0	61.06	9.58	39.30	0.93 <sup>LM</sup>
20	6.0	6.0	12.0	61.88	9.97	40.38	0.54 <sup>O</sup>
<b>Coefficiente de variación (%)</b>							6.493
<b>R<sup>2</sup></b>							0.999

Valores seguidos por una letra mayúscula (columna) son estadísticamente diferentes ( $P<0.05$ ).

Si  $\Delta E$  se aproxima a 2.3 siendo en todo caso inferior a 3, estaríamos hablando del JND o “just noticeable difference” que lo podríamos traducir como diferencia apenas perceptible que se produce entre dos niveles de intensidad de un estímulo sensorial. Una diferencia de color muy difícilmente apreciable; valores superiores a 5 indican que la diferencia de color es especialmente evidente (Pereira 2010).

La aparición del color está influenciada por la temperatura y el tiempo de cocción (Andrade *et al.* 2009). Por lo tanto, el tratamiento térmico de 120 °C por 30 minutos influyó en el cambio de color del queso en sirope. El porcentaje de pulpa es la variable independiente de mayor efecto en el color de la cuajada en sirope seguido del porcentaje de sacarosa y el porcentaje de cuajada (Ecuación 11).

El  $R^2$  encontrado fue de 0.89 para la variable dureza, la prueba F con un nivel de significancia del 10% generó un valor F calculado de 1382.06 > F tabular 2.9 y la falta de ajuste de 0.000003 fue significativa (Cuadro 11). Por lo descrito, esta variable presentó un comportamiento tendencioso.

La siguiente ecuación matemática representa el color ( $\Delta E$ ) de la cuajada en sirope basado en los resultados significativos del cuadro 11 en la predicción de comportamientos de la variable dependiente estudiada:

$$\Delta E = 1.21 - 0.83X_1 + 5.48X_1^2 + 2.45 X_2^2 - 2.03 X_3 + 1.73 X_3^2 + 1.54 X_1X_2 + 1.41X_1X_3 + 1.50X_2X_3 \quad [11]$$

Cuadro 11. Coeficientes de regresión, probabilidades de un modelo de regresión polinomial valores F y  $R^2$  para la variable color de la cuajada en sirope en función del porcentaje de pulpa, sacarosa y cuajada.

<b>Factor</b>	<b>Coefficiente de regresión</b>	<b>Probabilidad</b>
Intercepto	1.21E+00	4.07E-05*
X <sub>1</sub>	-8.32E-01	3.40E-05*
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	5.48E+00	2.52E-09*
X <sub>2</sub>	2.71E-02	6.68E-01
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	2.45E+00	1.39E-07*
X <sub>3</sub>	-2.03E+00	4.05E-07*
X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	1.73E+00	7.84E-07*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	1.54E+00	6.00E-06*
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	1.41E+00	9.45E-06*
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	1.50E+00	6.84E-06*
<b>Falta de ajuste</b>		<b>0.000003*</b>
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.89</b>	
<b>F. Calculado</b>	<b>1382.06</b>	
<b>F. Tabular</b>	<b>2.9</b>	

X<sub>1</sub>: Pulpa (%) X<sub>2</sub>: Sacarosa (%), X<sub>3</sub>: Cuajada (%) \*: Significativo (P<0.10).

En la figura 8 se observa que a mayor porcentaje de pulpa y sacarosa mayor es la diferencia de color; el contenido de sacarosa y pulpa favorecen el aumento de  $\Delta E$ ; en el caso del tratamiento nueve que obtuvo mayor  $\Delta E$ , se debe al proceso conocido como reacción de Maillard, se trata de un conjunto complejo de reacciones químicas que se producen entre las proteínas y los azúcares reductores que se dan al calentar (Brizuela 2009), dado a que el queso en sirope es sometido a temperaturas de 120 °C. Además, los carotenoides tienen interacción con moléculas de oxígeno y carbono, y la sacarosa tiene dichas moléculas en su estructura, por lo cual interactúa con los carotenoides (Rodríguez 1999).

El cambio en el color del producto fue afectado por la adición de pulpa de mango (Figura 8), dado a la degradación de los pigmentos presentes en la pulpa, específicamente, los carotenoides, son los principales pigmentos que le confieren el color amarillo al mango (Corvis *et al.* 2016). La aplicación de calor a la pulpa de mango afecta su color y el contenido de vitamina C dependen de la temperatura y el tiempo de calentamiento (Buelvas *et al.* 2014). Sin embargo, los carotenoides a temperaturas de 100 y 120 °C no presentan grandes pérdidas (Martínez *et al.* 2004).

Otro estudio menciona que las diferencias entre intensidades de amarillo para la variable  $b^*$  puede atribuirse a que la clorofila que existe en la superficie del mango disminuía al pasar el tiempo, pero aumentaba la cantidad de antocianinas y carotenoides que son las promotoras del color maduro en el mango (Barrera 2012).

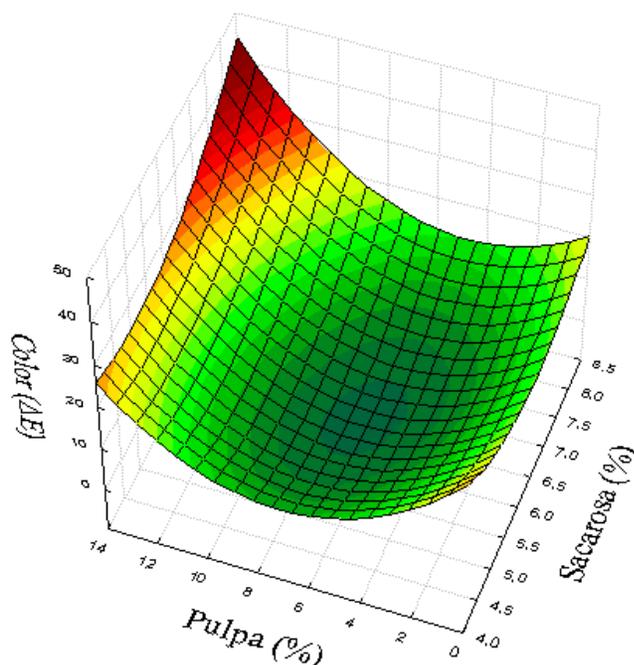


Figura 8. Efecto del porcentaje de pulpa y sacarosa en el color de la cuajada en sirope.

El color de la cuajada en sirope se ve directamente afectado por el porcentaje de sacarosa y pulpa en los diferentes tratamientos evaluados, probablemente la lactosa y las proteínas contenidas en el lactosuero provocaron una mayor reacción Maillard durante el proceso (Solís 2013). Además, la sacarosa es un precursor de color, utilizada para inducir o intensificar la caramelización en los alimentos.

A mayor porcentaje de cuajada mayor diferencia de color (Figura 9), esto se debe a que los grupos aminos pueden reaccionar con grupos carboxilos de la galactosa. A igualdad de peso entre galactosa y lactosa, la galactosa dará cerca del doble de intensidad de color respecto a la lactosa debido a que serán dos moléculas en lugar de una, el color dependerá del residuo de azúcares en el queso, mayor cantidad dará color más oscuro (Gauna 2007).

El color se torna más oscuro a medida que se incrementa la concentración de solutos y aumenta la proporción de sacarosa utilizada. Se estima que el color es principalmente el resultado de tres tipos de reacciones generales que, dadas las condiciones de temperatura propias del proceso de elaboración, se producen en el sistema constituido por leche y azúcares: pardeamiento tipo Maillard, reacciones de caramelización y reacciones de oxidación (Villalobos *et al.* 2013).

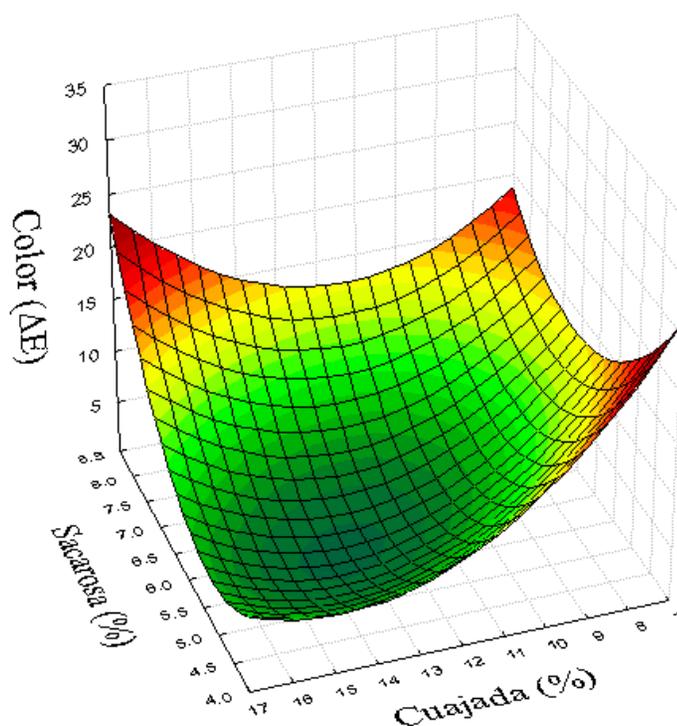


Figura 9. Efecto del porcentaje de cuajada y sacarosa en el color de la cuajada en sirope.

A mayor porcentaje de cuajada y pulpa mayor diferencia en el color de la cuajada en sirope (Figura 10), esto se debe a la presencia de carotenoides, los cuales son utilizados como pigmentos naturales en jugos, concentrados y bebidas refrescantes; los carotenoides de la pulpa de mango provocaron un color rojo en el yogur de mango (Bazán 2010). La temperatura del proceso aumenta la diferencia de color de la pulpa de mango (Quintero *et al.* 2012), esto se debe al contenido de fructosa en la pulpa, la cual como azúcar reductora participa en la reacción de Maillard y contribuye al desarrollo de color (Clemens *et al.* 2016). El tratamiento con 2.5% de pulpa, 7.2% de sacarosa y 9.6% de cuajada (tratamiento 3) y el tratamiento con 9.6 de pulpa, 7.2% de sacarosa y 14.4% de cuajada (tratamiento 8) presentaron valores más bajos de  $L^*$ , esto significa que es más oscuro porque su calificación se aproxima más al negro. Sus valores de  $a^*$  y  $b^*$  se aproximan más a los colores rojo y amarillo puro. El tratamiento con 12% de pulpa, 4.8% de sacarosa y 12% de cuajada presentó mayor valor  $b$ , esto se debe al porcentaje de pulpa.

Los carotenoides en presencia con proteínas desnaturalizadas libera la astaxantina y aparece el color rojo, por lo tanto, a mayor porcentaje de pulpa y a mayor porcentaje de cuajada mayor Delta E. Los carotenoides son sustancias hidrofóbicas, lipofílicas y son virtualmente insolubles en agua, la unión con proteínas permite el acceso a los medios acuosos, la asociación de los carotenoides con las proteínas estabiliza el pigmento y cambia su color (Rodríguez 1999), las proteínas de la cuajada interactúan con los carotenoides provocando diferentes tonalidades de color, por lo que a mayor porcentaje de cuajada y pulpa mayor diferencia de color (Figura 10).

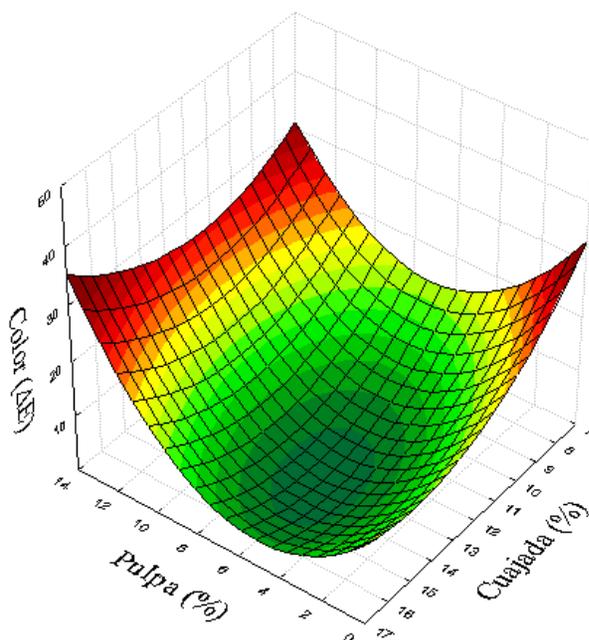


Figura 10. Efecto del porcentaje de cuajada y pulpa en el color de la cuajada en sirope.

**Determinación de sólidos solubles (°Brix) en la cuajada en sirope.**

Existió diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre los °Brix de los diferentes tratamientos. El cuadro 12 muestra que el tratamiento con 6% de pulpa, 8% de sacarosa y 12% de cuajada (tratamiento 12) presentó mayor °Brix numéricamente, sin embargo, fue estadísticamente igual a los tratamientos dos, cuatro y ocho; y el tratamiento con 0% de pulpa, 4.8% de sacarosa y 12% de cuajada (tratamiento 9) presentó menor °Brix. El tratamiento 12 presentó mayor contenido de °Brix debido a que tiene el mayor porcentaje de sacarosa que todos los tratamientos, y el tratamiento nueve tiene el segundo porcentaje más bajo de sacarosa y 0% de pulpa.

Cuadro 12. Efecto de la combinación de pulpa, sacarosa y cuajada en los sólidos solubles de la cuajada en sirope.

Tratamiento	Pulpa (%)	Sacarosa (%)	Cuajada (%)	°Brix
1	2.5	4.8	9.6	39.50 <sup>DE</sup>
2	9.6	4.8	9.6	49.00 <sup>ABC</sup>
3	2.5	7.2	9.6	40.05 <sup>DE</sup>
4	9.6	7.2	9.6	51.45 <sup>AB</sup>
5	2.5	4.8	14.4	43.50 <sup>BCDE</sup>
6	9.6	4.8	14.4	42.28 <sup>CDE</sup>
7	2.5	7.2	14.4	44.60 <sup>BCDE</sup>
8	9.6	7.2	14.4	51.40 <sup>AB</sup>
9	0.0	4.8	12.0	37.50 <sup>E</sup>
10	12.0	4.8	12.0	45.75 <sup>BCDE</sup>
11	6.0	4.0	12.0	38.50 <sup>DE</sup>
12	6.0	8.0	12.0	54.00 <sup>A</sup>
13	6.0	6.0	8.0	43.45 <sup>DE</sup>
14	6.0	6.0	16.0	46.60 <sup>ABCD</sup>
15	6.0	6.0	12.0	38.15 <sup>DE</sup>
16	6.0	6.0	12.0	38.40 <sup>DE</sup>
17	6.0	6.0	12.0	39.55 <sup>DE</sup>
18	6.0	6.0	12.0	37.70 <sup>E</sup>
19	6.0	6.0	12.0	39.78 <sup>CDE</sup>
20	6.0	6.0	12.0	39.80 <sup>DE</sup>
<b>Coefficiente de variación (%)</b>				2.337639
<b>R<sup>2</sup></b>				0.995164

Valores seguidos por una letra mayúscula (columna) son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

El R<sup>2</sup> encontrado fue de 0.79 para la variable dureza, la prueba F con un nivel de significancia del 10% generó un valor F calculado de 43.98 > F tabular 3.24 y la falta de ajuste de 0.001846 fue significativa (Cuadro 13). Por lo descrito, esta variable presentó un comportamiento tendencioso.

Como se puede observar en el cuadro 13 todas las variables independientes y sus interacciones fueron significativas esto quiere decir que todas las variables afectan la cantidad de sólidos solubles presentes en el queso en sirope. La variable independiente con mayor efecto en el contenido de °Brix fue el porcentaje de sacarosa seguido del porcentaje de pulpa de mango (Ecuación 12). El contenido de sacarosa es expresado en °Brix (CE 2017) por lo que los tratamientos con mayor porcentaje de sacarosa presentaron mayor cantidad de °Brix

La siguiente ecuación matemática representa la cantidad de °Brix del queso en sirope basado en los resultados significativos del cuadro 13 en la predicción de comportamientos de la variable dependiente estudiada:

$$^{\circ}\text{Brix} = 38.80 - 1.13X_1 + 1.83X_1^2 + 2.17X_2 + 3.01X_2^2 - 2.72X_3 + 1.33X_3^2 - 1.03X_1X_2 - 1.35X_1X_3 - 1.37X_2X_3 \quad [12]$$

Cuadro 13. Coeficientes de regresión, probabilidades de un modelo de regresión polinomial, valores F y R<sup>2</sup> para la variable °Brix de la cuajada en sirope en función del porcentaje de pulpa, sacarosa y cuajada.

<b>Factor</b>	<b>Coefficiente de regresión</b>	<b>Probabilidad</b>
Intercepto	3.88E+01	1.61E-09*
X <sub>1</sub>	-1.13E+00	6.20E-03*
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	1.83E+00	6.50E-04*
X <sub>2</sub>	2.17E+00	3.32E-04*
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	3.01E+00	6.01E-05*
X <sub>3</sub>	-2.72E+00	1.12E-04*
X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	1.33E+00	2.79E-03*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	-1.03E+00	2.52E-02*
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	-1.35E+00	9.10E-03*
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	-1.37E+00	8.55E-03*
<b>Falta de ajuste</b>		0.001846*
<b>R<sup>2</sup></b>		0.79
<b>F. Calculado</b>		43.98
<b>F. Tabular</b>		3.24

X<sub>1</sub>: Pulpa (%) X<sub>2</sub>: Sacarosa (%), X<sub>3</sub>: Cuajada (%) \*: Significativo (P<0.10).

La figura 11 muestra que a mayor porcentaje de sacarosa y pulpa mayor °Brix. Los grados Brix nos indica la cantidad de sacarosa presente en la muestra a analizar (Rojas 2014). Por lo que a mayor contenido de sacarosa mayor °Brix. La sacarosa posee alta solubilidad en agua (Gross 2013), por lo cual se solubiliza en el suero (93% agua) aumentando la cantidad de sólidos solubles en el sirope, además por efecto de la temperatura puede ocurrir el fenómeno de inversión que provoca el aumento del sabor dulce y sobretodo, de la solubilidad del azúcar, dado que la fructosa libre es más soluble que la sacarosa. Este factor es interesante porque aumenta la posibilidad de incrementar la concentración de azúcares en una solución (Paucar 2013).

Los sólidos solubles están compuestos por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua (UNC 2006), por lo que el porcentaje de pulpa influye directamente en la cantidad de sólidos solubles. La pulpa de mango utilizada tenía 12 °Brix, los sólidos solubles de la pulpa de mango están asociados al contenido de fructosa y glucosa de la fruta (Buelvas *et al.* 2014). La cantidad de °Brix en mango variedad haden varía entre 9.8-17 °Brix (Cepeda *et al.* 2009).

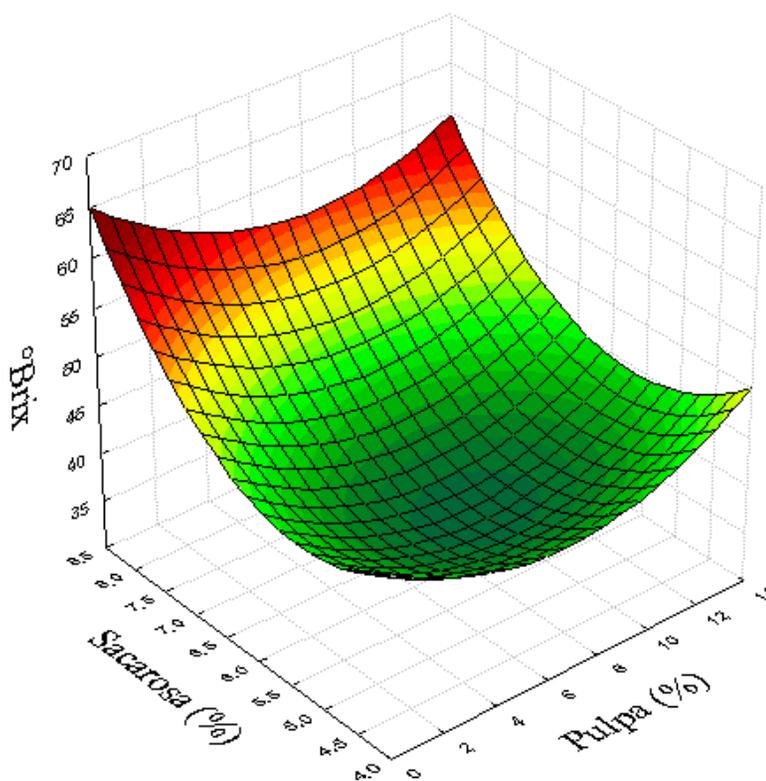


Figura 11. Efecto del porcentaje de sacarosa y pulpa en °Brix de la cuajada en sirope.

Durante el calentamiento (70 °C), las proteínas del suero comienzan a coagular. La velocidad de coagulación aumenta a medida que se eleva la temperatura y se forma una capa gruesa de cuajada sobre la superficie del suero (GUELPH 2017); es necesario calentar para precipitar por lo menos el 70-80% de las proteínas del suero (Fernández 2014). La cuajada en sirope es sometida a 120 °C, esto promueve la coagulación de las proteínas del suero aumentando los sólidos solubles en dicho producto. Además, la solubilidad de los azúcares en agua es mayor a medida que aumenta la temperatura (Paucar 2013).

En la figura 12 se observa que a mayor porcentaje de cuajada mayor contenido de °Brix. Todo proceso que incluye el fraccionamiento y la concentración de las proteínas del suero, debe considerar también la recuperación de la lactosa, que es el componente que se encuentra en mayor cantidad (Souza *et al.* 2008). La cuajada representa los sólidos presentes en la leche (Sbodio y Revelli 2012). La cuajada está formada por caseína integrada en un complejo caseinato fosfato cálcico el cual engloba glóbulos de grasa, agua, lactosa, minerales y vitaminas (Ramírez y Ruíz 2012). Además, el pH de la cuajada fue de 5.6, lo cual permite que las proteínas tal como la k-caseína se mantengan solubles en el medio acuoso (Lezama 2010) lo cual favorece el aumento de sólidos solubles en la cuajada en sirope.

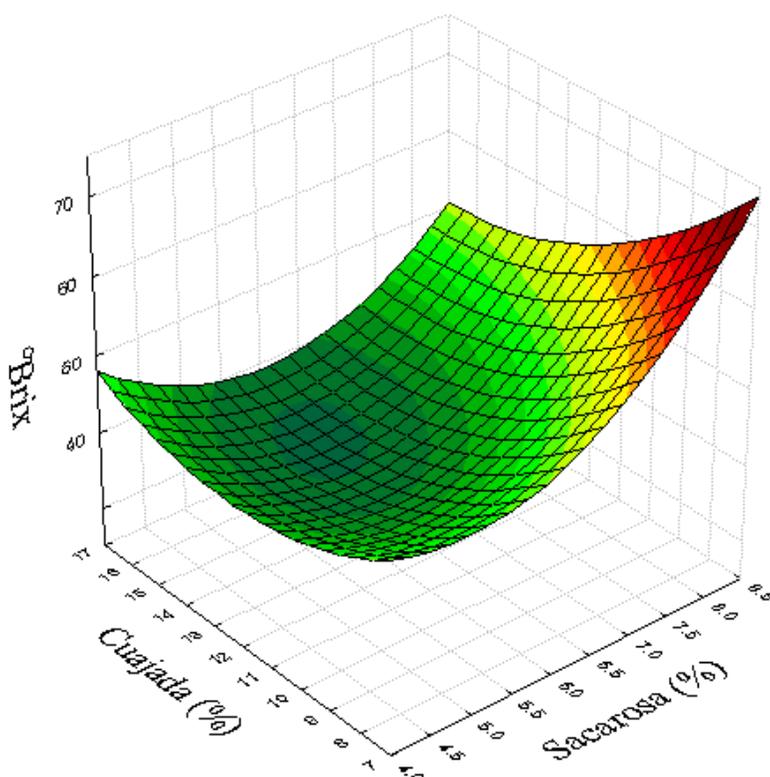


Figura 12. Efecto del porcentaje de cuajada y sacarosa en °Brix de la cuajada en sirope.

### **Análisis de costos variables.**

Los costos variables de los 20 tratamientos fueron estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 14). En los costos variables de todos los tratamientos se incluyó el costo de 5 kg de suero USD 0.06.

Al usar 6% de pulpa, 6% de sacarosa y 16% de cuajada (tratamiento 14) se obtiene mayor costo variable en el queso en sirope, y al usar 6% de pulpa, 6% de sacarosa y 8% de cuajada se obtiene menor costo variable (tratamiento 13) (Cuadro 14). El costo de la cuajada fue USD 4.40, de la sacarosa USD 0.70 y de la pulpa USD 0.68, la cuajada es el ingrediente de mayor costo en el queso en sirope; el tratamiento 14 presenta mayor porcentaje de cuajada que todos los tratamientos, por lo que presenta mayor costo variable, y el tratamiento 13 presenta menor costo variable debido a su porcentaje de cuajada el cual corresponde al menor en todos los tratamientos.

Cuadro 14. Costos variables de los tratamientos de la cuajada en sirope.

<b>Tratamiento</b>	<b>Pulpa (%)</b>	<b>Azúcar (%)</b>	<b>Cuajada (%)</b>	<b>Costo (USD)</b>
1	2.5	4.8	9.6	3.26 <sup>O</sup>
2	9.6	4.8	9.6	3.56 <sup>M</sup>
3	2.5	7.2	9.6	3.35 <sup>N</sup>
4	9.6	7.2	9.6	3.66 <sup>L</sup>
5	2.5	4.8	14.4	4.70 <sup>E</sup>
6	9.6	4.8	14.4	5.00 <sup>C</sup>
7	2.5	7.2	14.4	4.80 <sup>D</sup>
8	9.6	7.2	14.4	5.10 <sup>B</sup>
9	0.0	4.8	12.0	3.87 <sup>K</sup>
10	12.0	4.8	12.0	4.38 <sup>F</sup>
11	6.0	4.0	12.0	4.09 <sup>J</sup>
12	6.0	8.0	12.0	4.26 <sup>G</sup>
13	6.0	6.0	8.0	2.97 <sup>P</sup>
14	6.0	6.0	16.0	5.40 <sup>A</sup>
15	6.0	6.0	12.0	4.17 <sup>H</sup>
16	6.0	6.0	12.0	4.17 <sup>H</sup>
17	6.0	6.0	12.0	4.17 <sup>H</sup>
18	6.0	6.0	12.0	4.17 <sup>H</sup>
19	6.0	6.0	12.0	4.17 <sup>H</sup>
20	6.0	6.0	12.0	4.17 <sup>H</sup>
<b>Coefficiente de variación</b>				0.38
<b>R<sup>2</sup></b>				99%

Valores seguidos por una letra mayúscula (columna) son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

El  $R^2$  encontrado la variable costo fue de 0.99875, la prueba F con un nivel de significancia del 10% generó un valor F calculado de 2951.49 > F tabular 2.46 y la falta de ajuste de 0.987540 no fue significativa (Cuadro 15). Por lo descrito, esta variable presentó un comportamiento predictivo ya que cumplió con los tres parámetros. El valor F calculado fue mayor al valor F tabular lo cual da validez para graficar.

Las tres variables independientes fueron significativas (Cuadro 15), lo que quiere decir que el porcentaje de cada variable afecta los costos variables de los diferentes tratamientos de la cuajada en sirope, siendo el porcentaje de cuajada la variable de mayor efecto (Ecuación 13). La expresión matemática que representa los costos variables incluyó las variables independientes significativas en la predicción de comportamientos de la variable dependiente estudiada, expresándose mediante la ecuación:

$$\text{Costos variables} = 4.17E+00 + 0.152X_1 + 0.05X_2 + 0.72X_3 \quad [13]$$

Cuadro 15. Coeficientes de regresión, probabilidades de un modelo de regresión polinomial valores F y  $R^2$  para la variable costos variables de la cuajada en sirope en función del porcentaje de pulpa, sacarosa y cuajada.

<b>Factor</b>	<b>Coefficiente de regresión</b>	<b>Probabilidad</b>
Intercepto	4.17E+00	2.04E-11*
X <sub>1</sub>	1.52E-01	3.82E-05*
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	-1.10E-02	3.60E-01
X <sub>2</sub>	4.96E-02	6.77E-03*
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	6.38E-03	5.83E-01
X <sub>3</sub>	7.21E-01	1.68E-08*
X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	1.11E-02	3.54E-01
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	1.06E-03	9.45E-01
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	-3.93E-04	9.80E-01
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	-3.93E-04	9.80E-01
<b>Falta de ajuste</b>		0.987540
<b>R<sup>2</sup></b>	0.99	
<b>F. Calculado</b>	2951.49	
<b>F. Tabular</b>	2.46	

X<sub>1</sub>: Pulpa (%) X<sub>2</sub>: Sacarosa (%), X<sub>3</sub>: Cuajada (%) \*: Significativo (P<0.10).

En los tratamientos, el mayor porcentaje de sacarosa en la cuajada en sirope fue 8% (Cuadro 14) aproximadamente la mitad de la sacarosa utilizada para la leche condensada y dulce de leche (Peña 2010). Por lo tanto, la sacarosa representa un menor efecto en el costo variable del queso en sirope en comparación con otros productos. La sacarosa no solo representa un alto costo en la elaboración de productos lácteos, sino también en la fabricación de bebidas y pastelería (Millán 2002).

A mayor porcentaje de sacarosa y pulpa aumenta el costo variable de la cuajada en sirope (Figura 13), esto se atribuye a que los costos variables representan la suma de todas las cantidades de dinero que la empresa gasta en insumos variables empleados en la producción (FAO 1998).

El precio unitario de la sacarosa es de USD 0.70/kg en el departamento de suministro de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano y en Tegucigalpa es USD 0.95/kg (SIMPAH 2017). La diferencia en costo se debe al volumen de sacarosa que compra la planta de lácteos de Zamorano, la cual genera un descuento por cantidad (Rodríguez 2012).

El efecto del porcentaje de pulpa en los costos variables de la cuajada en sirope es menor que el efecto provocado por el porcentaje de sacarosa y cuajada (Ecuación 13), debido a que el costo de la pulpa es menor al costo de la sacarosa y la cuajada. La Planta de Hortofrutícola Zamorano establece un precio de USD 0.68/kg, debido a la disponibilidad de mango en el campus.

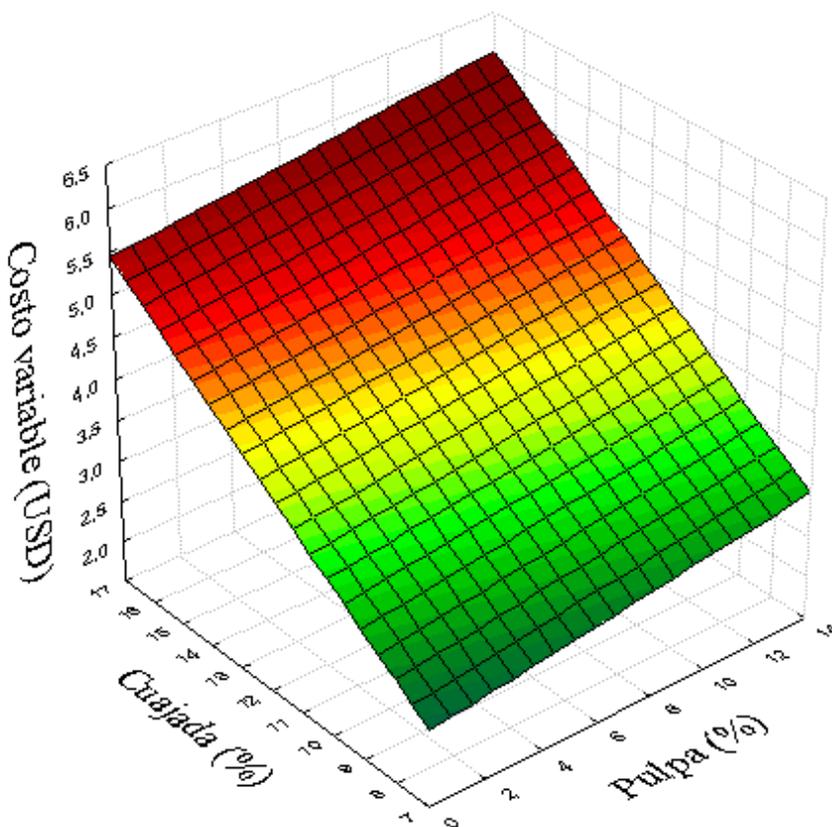


Figura 13. Efecto del porcentaje de cuajada y pulpa en los costos variables de la cuajada en sirope.

El tratamiento con 6% de pulpa, 6% de sacarosa y 16% de cuajada presentó mayor costo variable (tratamiento 14) y el tratamiento con 6% de pulpa, 6% de sacarosa y 8% de cuajada (tratamiento 13) presentó menor costo variable, por lo tanto, la cuajada es la variable con mayor efecto en los costos variables de la elaboración del queso en sirope (Ecuación 13). Debido a los precios de los ingredientes de la cuajada de queso Zamorella, presentó un costo de USD 4.40/kg, siendo la leche al 2.5% el ingrediente base para la elaboración de la cuajada. Debido a los factores mencionados a mayor porcentaje de cuajada y sacarosa (Figura 14) y a mayor porcentaje de sacarosa y pulpa (Figura 15) mayor costo variable en la cuajada en sirope.

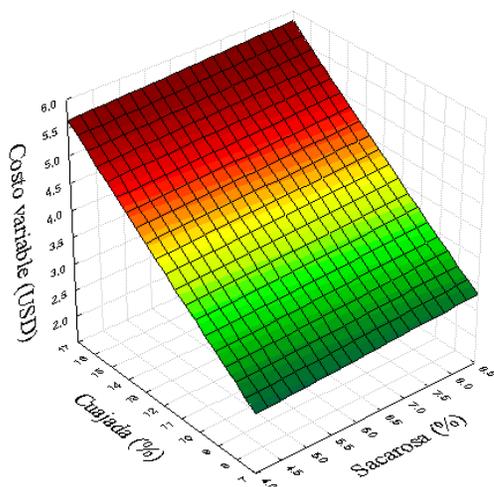


Figura 14. Efecto del porcentaje de cuajada y sacarosa en los costos variables de la cuajada en sirope.

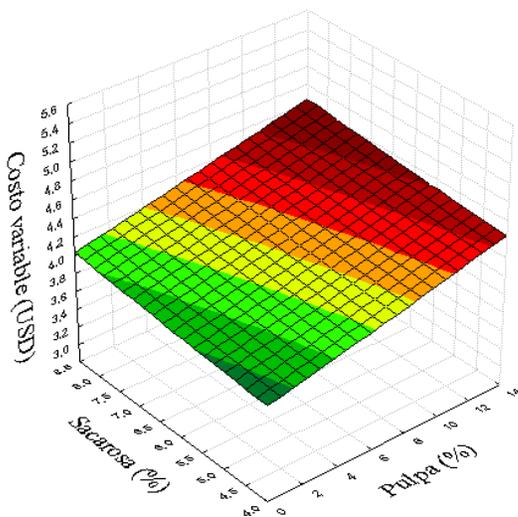


Figura 15. Efecto del porcentaje de sacarosa y pulpa en los costos variables de la cuajada en sirope.

### Función de utilidad.

La Metodología de Superficie de Respuesta permite determinar la combinación idónea de las variables independientes para optimizar las variables dependientes y así lograr las características fisicoquímicas y económicas deseadas en el producto final. En la figura 16 se observa que los resultados óptimos fueron 11.97 % de pulpa de mango, 6.67% de sacarosa y 8.64% de cuajada, estos están sujetos a las restricciones de mínimos costos variables, menor dureza, mayor adhesividad, mayor diferencia de color, mayor cantidad de sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix) y mayor rendimiento.

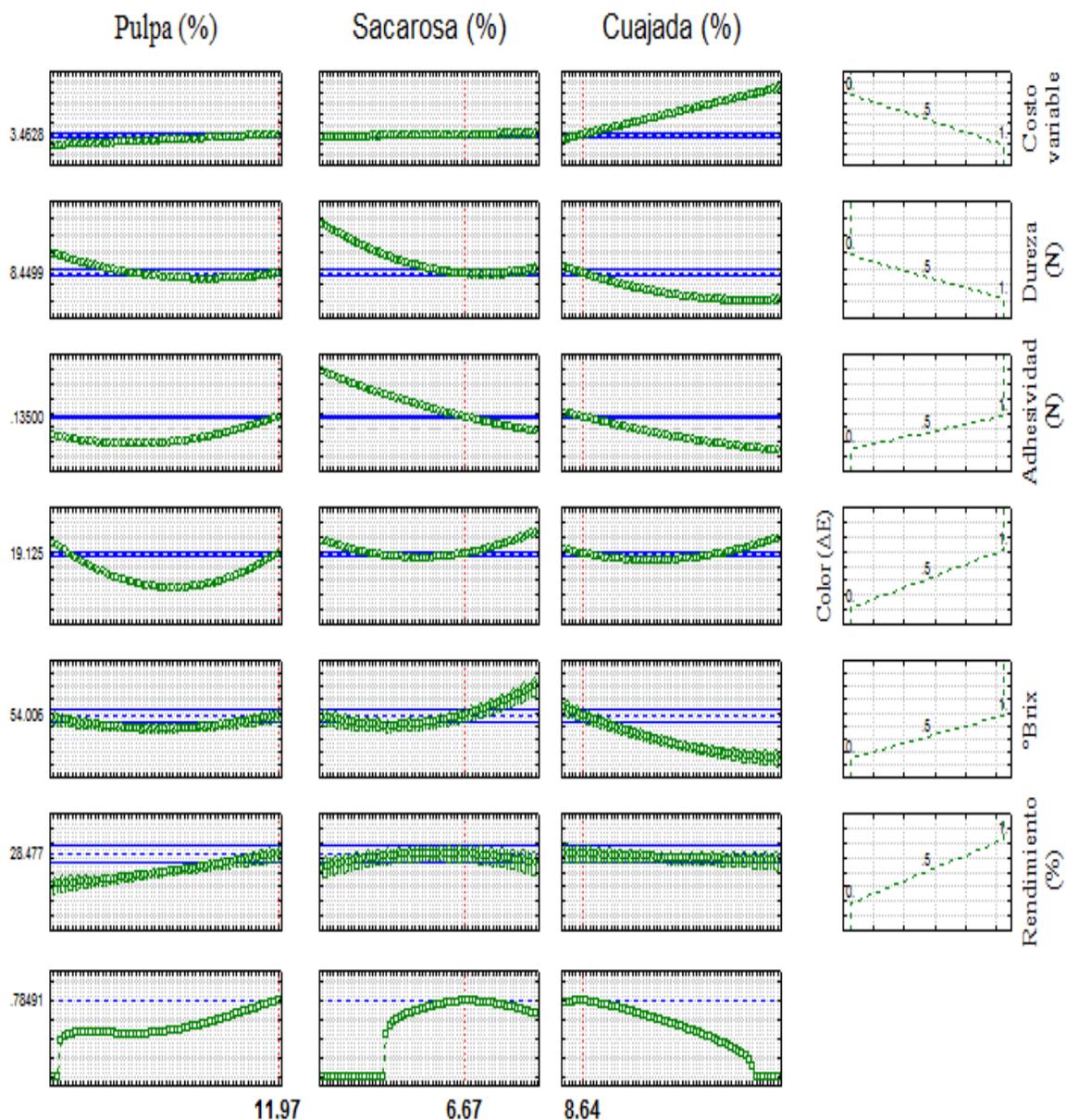


Figura 16. Valores óptimos de las variables independientes de la cuajada en sirope.

### **Análisis químicos.**

Para análisis químicos se tomaron cuatro tratamientos como se describen en el cuadro 16, siendo el tratamiento trece el tratamiento con menor costo y el tratamiento 14 con mayor costo. Se tomaron estos dos tratamientos dado que la variable costo es de gran importancia en el desarrollo y elaboración de cualquier producto alimenticio. El pH final del queso en sirope de suero osciló entre 5.0 y 5.5 debido al pH de la cuajada de 5.6, ya que es cuajada obtenida del proceso de elaboración del queso Zamorella, la cual presenta un pH entre 5.1 y 5.8 (Aguilar *et al.* 2006). Los resultados del análisis químico, son datos crudos sin un análisis estadístico, por lo cual no se puede confirmar diferencia estadística significativa entre los tratamientos.

Cuadro 16. Descripción de tratamientos evaluados para análisis proximal completo y sensorial.

<b>Tratamiento</b>	<b>Pulpa (%)</b>	<b>Sacarosa (%)</b>	<b>Cuajada (%)</b>
Óptimo	11.97	6.67	8.64
Punto central	6.00	6.00	12.00
TRT 13	6.00	6.00	8.00
TRT 14	6.00	6.00	16.00

TRT 13: Tratamiento con menor costo variable.

TRT 14: Tratamiento con mayor costo variable.

Los resultados de análisis de humedad (cuadro 17) indican que el porcentaje de humedad puede ser influenciado por el contenido de cuajada, debido a la retención de lactosuero de la cuajada. Al utilizar una cuajada recién elaborada y colocarla en suero a altas temperaturas provoca un aumento en porcentaje de humedad de dicha cuajada, debido a que el lactosuero contiene 93% de humedad (Valencia y Ramírez 2009), además las proteínas coagulables retenidas por la acción del cuajo y la acidez, son las que retienen en su mayoría la humedad (Cunningham 2000). El porcentaje de humedad en quesos se debe a la retención de suero durante la coagulación de las caseínas durante su producción (Ochoa *et al.* 2013).

El pH de la cuajada en sirope varía entre un rango de 6.19 y 6.9, lo cual pudo influenciar el porcentaje de humedad, ya que los quesos tipo Mozzarella poseen un pH entre 5.7-5.8, si no se alcanza la acidez necesaria porque interrumpimos la acción de las bacterias antes de tiempo el queso no conseguirá hacer corteza quedando un queso demasiado húmedo (Capra 2015). Por ejemplo, el requesón elaborado a base de lactosuero posee un 67% de humedad (Cunningham 2000) tiene mayor humedad que la cuajada en sirope, ya que no pasa por un proceso de evaporación.

Los tratamientos con mayor porcentaje de humedad también presentaron colores menos oscuros, debido a que la relación de oscurecimiento decrece al aumentar el contenido de agua (Pastoriza 2013). Lo cual concuerda con los resultados de color del tratamiento punto central, que presentó un color más oscuro y menor porcentaje de humedad.

Además, el proceso térmico desnaturaliza las proteínas del suero, las cuales desnaturalizadas son altamente hidratadas y obstruyen la sinéresis por lo que se produce menor drenaje de suero durante el proceso de elaboración de queso (Sbodio y Revelli 2012).

El porcentaje de ceniza presente en la cuajada se debe a que la cuajada proviene de la elaboración de queso Zamorella el cual presenta un porcentaje de ceniza de 3.95 (Reyes 2014). El porcentaje de cenizas en queso en sirope coincide con el porcentaje de cenizas en el dulce de leche 2% (McSweeney y Fox 2009). Además el porcentaje de cenizas en la cuajada de queso Mozzarella varía entre  $2.25 \pm 0.07\%$  y  $2.38 \pm 0.41$  (Owni y Osman 2009).

El porcentaje de grasa en los diferentes tratamientos se ve influenciado por el porcentaje de cuajada. Dado a que mayor porcentaje de cuajada presenta mayor porcentaje de calcio, y este facilita la retención de la grasa (Quezada y Bernys 2015). Sin embargo, el porcentaje de grasa en la cuajada en sirope es inferior al porcentaje de grasa en la cuajada de queso Zamorella 23.67% (Reyes 2014), lo que se puede atribuir a la volatilización de ácidos grasos volátiles de la cuajada son afectados por el proceso térmico, además el contenido de grasa es el resultado de la dilución de una cierta cantidad de materia segregada en un cierto volumen de agua lactosada, por lo que el bajo contenido de grasa es debido al aumento en el volumen de agua en el producto (UDELAR 2009).

El porcentaje de proteína en la cuajada en sirope de suero se atribuye al porcentaje de cuajada en los diferentes tratamientos, ya que las caseínas suponen el 80% de las proteínas de la leche; consecuentemente, la cuajada formada por aglomeración de micelas de caseína durante la fabricación de queso retiene la mayoría de la proteína total de la leche (Lezama 2010). Además, se debe al tipo de cuajada utilizada, la cual posee 23.07% de proteína (Reyes 2014). La cuajada en sirope presentó menor porcentaje de proteína que la cuajada de queso Zamorella, debido a que el manejo de la cuajada influye directamente en la pérdida de proteína, además, hay una pérdida significativa de proteína al manejar unas temperaturas más elevadas de  $35^{\circ}\text{C}$  (Reyes 2014). A mayor porcentaje de humedad menor porcentaje de proteína (Lou y Ng 1992).

El contenido de fibra cruda se debe al porcentaje de pulpa. La pulpa de mango es una importante fuente de fibra dietaria 1.6% de fibra (Wall-Medrano 2014) y presenta 4.2% de fibra cruda (Abdualrahman 2013), los tratamientos punto central, tratamiento 13 y tratamiento 14 poseían el mismo porcentaje de pulpa por lo cual presentaron datos muy cercanos entre ellos, sin embargo, el tratamiento óptimo poseía 12% de pulpa por lo cual presentó mayor porcentaje de fibra cruda (Cuadro 17).

Cuadro 17. Análisis proximal completo en los cuatro tratamientos seleccionados.

<b>Tratamiento</b>	<b>Humedad (%)*</b>	<b>Cenizas (%)*</b>	<b>Grasa (%)*</b>	<b>Proteína (%)*</b>	<b>Fibra (%)*</b>
Óptimo	40.10	2.28	11.24	19.04	5.09
Punto central	41.67	2.27	10.18	18.19	3.59
TRT 13	36.09	2.25	9.76	9.21	2.79
TRT 14	42.34	2.61	12.41	19.64	2.58

TRT 13: Tratamiento con menor costo variable.

TRT 14: Tratamiento con mayor costo variable.

\*No se realizó análisis estadístico para estos datos.

La adhesividad de los tratamientos (Cuadro 18) está relacionada con el contenido de °Brix, dado a que a mayor contenido de sólidos solubles la adhesividad aumenta (Rojas *et al.* 2009). Las fluctuaciones de temperatura durante el proceso pudieron afectar este atributo de la cuajada en sirope de suero, ya que, a temperaturas más altas, la energía térmica de las moléculas de la pulpa de mango aumenta con el aumento de las distancias intermoleculares, provocando la reducción de las fuerzas intermoleculares y en consecuencia la adhesividad (Quintana *et al.* 2015).

Las diferencias de color están relacionadas a las reacciones de Maillard, cuya etapa final supone procesos de polimerización para producir melanoidinas que son pigmentos pardos de elevado peso molecular, generalmente hidrosolubles y provocan el oscurecimiento del producto (Barrera *et al.* 2012), el tratamiento óptimo presentó una diferencia de color alta debido a la presencia de carotenoides en la pulpa, los cuales se encargan del color amarillo en el mango, bien conocido como un colorante natural, que resalta el color brillante de algunas frutas (Socaciu 2008). La diferencia de color en los cuatro tratamientos se ve afectada por la temperatura, debido a que la marmita utilizada para el proceso se reguló manualmente, causando fluctuaciones de temperatura en el proceso. También se atribuye a la inestabilidad de los carotenoides al tener una estructura química altamente insaturada, que favorece los procesos oxidativos; además, existe una importante influencia por factores como la temperatura y la luz (Barrera *et al.* 2012).

Cuadro 18. Análisis fisicoquímicos de los cuatro tratamientos

<b>Tratamiento</b>	<b>°Brix</b>	<b>Color (ΔE)</b>	<b>Dureza (N)</b>	<b>Adhesividad (N)</b>
Óptimo	48.2	14.725	4.202	0.176
Punto central	36.5	17.190	6.708	0.044
TRT 13	44.0	6.951	7.810	0.103
TRT 14	39.9	8.758	11.126	0.062

TRT 13: Tratamiento con menor costo variable.

TRT 14: Tratamiento con mayor costo variable.

N: Newton.

### **Análisis microbiológico.**

Los cuatro tratamientos cumplieron con el límite máximo permitido de < 10 UFC/g *Staphylococcus aureus*, establecido por el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) para productos lácteos como leche condensada y dulce de leche, debido a que presentaron < 10 UFC/g en el conteo de mesófilos aerobios. De igual forma en el conteo de coliformes totales se obtuvieron resultados de < 3 NMP/g en las tres repeticiones; lo cual cumple con el límite máximo permitido para *Escherichia coli* < 10 UFC/g dictado por el RTCA para quesos frescos, no madurados y requesón (RTCA 2009).

### **Análisis sensorial.**

**Apariencia.** Se detectaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en apariencia entre los tratamientos como se muestra en el Cuadro 19. El tratamiento con 11.97% de pulpa, 6.67% de sacarosa y 8.64% de cuajada (óptimo) y el tratamiento con 6% de pulpa, 6% de sacarosa y 16% de cuajada (tratamiento 14) fueron los tratamientos con mejor aceptación, con un grado de aceptación de me gusta moderadamente, el tratamiento óptimo posee mayor porcentaje de mango y el tratamiento mayor porcentaje de cuajada, por lo cual presentaron colores más amarillos y frescos.

El color representa el primer factor sensorial que percibe el degustador y que a través de éste genera un criterio sobre la calidad del alimento, los colores amarillos representan frescuras (Navas *et al.* 2014). El tratamiento 13 obtuvo un grado de aceptación de Me gusta poco y el tratamiento punto central de Ni me gusta/ ni me disgusta, lo cual puede atribuirse al color oscuro que presentó el tratamiento debido a la reacción de Maillard que se produjo en la elaboración. La variedad y apariencia de los alimentos representan señales que estimulan el incremento de las respuestas de ingesta (Martínez *et al.* 2009). La noción de las personas sobre la cantidad de alimento influye en el consumo y las expectativas que tiene el panelista de dicho alimento aumentando su consumo (Wansink *et al.* 2005), por lo cual, los tratamientos con mayor aceptación en apariencia corresponden al de mayor porcentaje de cuajada y de pulpa de mango respectivamente.

**Color.** Los tratamientos con mayor aceptación fueron el tratamiento óptimo y el tratamiento 14 (Cuadro 19), fueron evaluados como me gusta moderadamente; el tratamiento 13 como me gusta y el tratamiento punto central como ni me gusta ni me disgusta. Esto podría estar relacionado a los cambios que sufrió la pulpa de mango y sacarosa con tratamientos térmicos en el tratamiento punto central (Camacho 2002).

Existe una correlación alta positiva de 0.85 entre los atributos sensoriales de color y apariencia, lo que indica que los tratamientos mejor evaluados en color tendrán también mayor calificación en apariencia. Debido a que el color es la primera sensación que se percibe y la que determina el primer juicio sobre su calidad y tiende a veces a modificar subjetivamente otras sensaciones como el sabor; por ser éste precisamente un factor subjetivo, no son las mismas para cada persona, y varían según las regiones, países o edades (Montoya 2009).

**Textura.** En el cuadro 19 se muestra diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos en el atributo textura. El tratamiento óptimo y 14 obtuvieron mayor grado de aceptación me gusta moderadamente y los tratamientos punto central y 13 estadísticamente iguales con menor aceptación con un grado de me gusta poco (Cuadro 19). Esto se debe a la dureza y adhesividad de los tratamientos, dado a que el tratamiento óptimo tuvo mayor adhesividad y menor dureza (Cuadro 18).

Esta característica permite apreciar la firmeza, suavidad, resistencia a la masticación y fibrosidad de los productos comestibles (Pérez 2016). La textura es uno de los atributos primarios que, junto con el aspecto, sabor y olor, conforman la calidad sensorial de los alimentos que comprende diferentes aspectos de un proceso dinámico, que se integran en el cerebro para dar una sensación única (Costell 2002). Por lo tanto, existe una correlación media positiva de 0.75 entre los atributos sensoriales de textura y aceptación general, lo que indica que los tratamientos mejor evaluados en textura tendrán mayor calificación en aceptación general.

**Dulzura.** El tratamiento optimizado con 48.2 °Brix fue mejor evaluado en la aceptación del atributo dulzura ( $P < 0.05$ ) con un grado de me gusta moderadamente (Cuadro 19). Esto se debe a que los panelistas tienen preferencia por los sabores dulces más intensos, desde antes de nacer y reforzamos esta percepción después, al alimentarnos de lactosa (Harris *et al.* 1987). El tratamiento del punto central con 36.5 °Brix fue calificado con un grado de aceptación me gusta poco. Los tratamientos con mayor dulzura fueron los de mayor aceptación en este atributo por los panelistas, los resultados concuerdan con el estudio realizado por (Bazán 2010) en el cual los panelistas tuvieron mayor aceptación por las muestras de yogur con mayor dulzura.

La propiedad física más notable de la sacarosa es su sabor dulce. En la comparación del dulzor se emplea frecuentemente la sacarosa como sustancia patrón con valor de 100. La fructosa en la pulpa de mango a temperaturas superiores a 70 °C aumenta su dulzor, 60 °C es solamente 79 (López 2008). El porcentaje de sacarosa y pulpa influye directamente en la dulzura del queso en sirope de suero. Los °Brix intervienen en el sabor agradable, por el grado de dulzura en los alimentos (Archila 2016). El 95% de la lactosa de la leche pasa al suero, este es utilizado en la industria de confiterías y dulces para proporcionar dulzura a los productos (Arias 2001).

Existe una correlación media positiva de 0.79 entre los atributos sensoriales de dulzura y aceptación general, lo que indica que los tratamientos mejor evaluados en dulzura tendrán también mayor calificación en aceptación general. Y una relación alta positiva 0.80 entre los atributos dulzura y sabor.

**Adhesividad.** Existió diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el grado de aceptación de los tratamientos. El tratamiento optimizado y el tratamiento con mayor porcentaje de cuajada fueron estadísticamente iguales en el nivel de aceptación presentando grado de aceptación de me gusta moderadamente. El tratamiento punto central y el tratamiento con menor porcentaje de cuajada (TRT 13) fueron iguales en la aceptación de la viscosidad presentando un grado de aceptación de me gusta poco.

El lactosuero mejora la viscosidad y la estabilidad coloidal en las bebidas; mejora consistencia y aumenta cohesividad en quesos (Ruiz 2014). La viscosidad es la propiedad de la textura relativa a la resistencia al flujo, la adhesividad es una propiedad de textura relativa al esfuerzo requerido para separar la superficie del alimento de otra superficie. La fibra del mango es utilizada para productos que requieran viscosidad (Nashielli 2003). A mayor contenido de sólidos solubles mayor viscosidad (Alba *et al.* 2011).

La viscosidad de jugos provenientes de frutas varía de acuerdo al contenido de sólidos suspendidos en los mismos. Esto acarrea un efecto en la evaluación sensorial ya que los gustos en estos parámetros son variables en cada persona y, por ende, es difícil una aceptación marcada hacia estos parámetros (Hernández *et al.* 1995).

Existe una correlación media positiva de 0.75 entre los atributos sensoriales de viscosidad y aceptación general, lo que indica que los tratamientos mejor evaluados en viscosidad tendrán también mayor calificación en aceptación general. También una correlación alta positiva de 0.71 entre los atributos sensoriales de viscosidad y textura, lo que indica que los tratamientos mejor evaluados en textura tendrán también mayor calificación en viscosidad.

**Sabor.** Se detectó diferencia significativa en el atributo sabor de los cuatro tratamientos. El tratamiento óptimo y el tratamiento 14 obtuvieron mayor aceptación; esto se debe al porcentaje de pulpa en el tratamiento y al porcentaje de sacarosa, debido a que el sabor se ve afectado por el contenido de sacarosa utilizado en un producto (Rosales 2001) y el mango que posee un sabor dulce y afrutado (Fruit 2017).

El tratamiento optimizado y el tratamiento con mayor porcentaje de cuajada (TRT 14) presentaron el mismo grado de aceptación siendo me gusta moderadamente. Mientras que el tratamiento punto central y el tratamiento con menor costo variable calificados con un menor grado de aceptación siendo me gusta poco.

Existe una correlación alta positiva de 0.86 entre los atributos sensoriales sabor y aceptación general, lo que indica que los tratamientos mejor evaluados en sabor tendrán también mayor calificación en aceptación general. Y una correlación alta positiva 0.80 entre los atributos dulzura y sabor.

**Aceptación general.** Los tratamientos tuvieron un grado de aceptación general diferente ( $P < 0.05$ ). El tratamiento optimizado y el tratamiento con mayor porcentaje de cuajada el mismo grado de aceptación general de me gusta moderadamente. Y el tratamiento punto central y el tratamiento 13 me gusta poco (Cuadro 19).

El proceso por el que una persona acepta o rechaza un alimento tiene un carácter muy variable. La percepción de los humanos hacia los alimentos es el resultado de un conjunto de sensaciones experimentadas y de cómo éstas son interpretadas (Costell 2001).

Cuadro 19. Resultados Análisis sensorial prueba de aceptación cuajada en sirope.

Tratamiento	Óptimo	Punto Central	TRT 13	TRT14	CV	R <sup>2</sup>
Apariencia Media ± DE	6.81 ± 1.64A	5.60 ± 2.04C	6.13 ± 1.69B	6.92 ± 1.43A	21.3	0.57
Color Media ± DE	6.95 ± 1.59A	5.48 ± 2.14C	6.09 ± 1.79B	6.77 ± 1.66A	22.1	0.59
Textura Media ± DE	6.86 ± 1.74A	5.94 ± 1.85B	6.10 ± 1.81B	6.60 ± 1.69A	19.1	0.66
Dulzura Media ± DE	7.38 ± 1.58A	6.43 ± 1.91B	6.45 ± 1.86B	7.17 ± 1.60A	21.5	0.49
Viscosidad Media ± DE	6.81 ± 1.74A	6.06 ± 1.88B	6.23 ± 1.88B	6.65 ± 1.59A	20.2	0.61
Sabor Media ± DE	7.45 ± 1.53A	6.43 ± 1.91B	6.62 ± 1.78B	7.25 ± 1.48A	21.4	0.45
Acetacion General Media ± DE	7.27 ± 1.42A	6.18 ± 1.77B	6.54 ± 1.65B	7.06 ± 1.36A	18.9	0.53

Valores seguidos por una letra mayúscula (filas) son estadísticamente diferentes (P<0.05).

TRT 13: Tratamiento con menor costo variable.

TRT 14: Tratamiento con mayor costo variable.

CV: Coeficiente de variación.

DE: Desviación estándar.

**Análisis de preferencia.** Existió diferencia significativa entre tratamientos (P<0.05), siendo el tratamiento optimizado el tratamiento de mayor preferencia y el tratamiento punto central, el tratamiento con mayor costo variable y el tratamiento con menor costo variable el mismo nivel de preferencia (Figura 17)

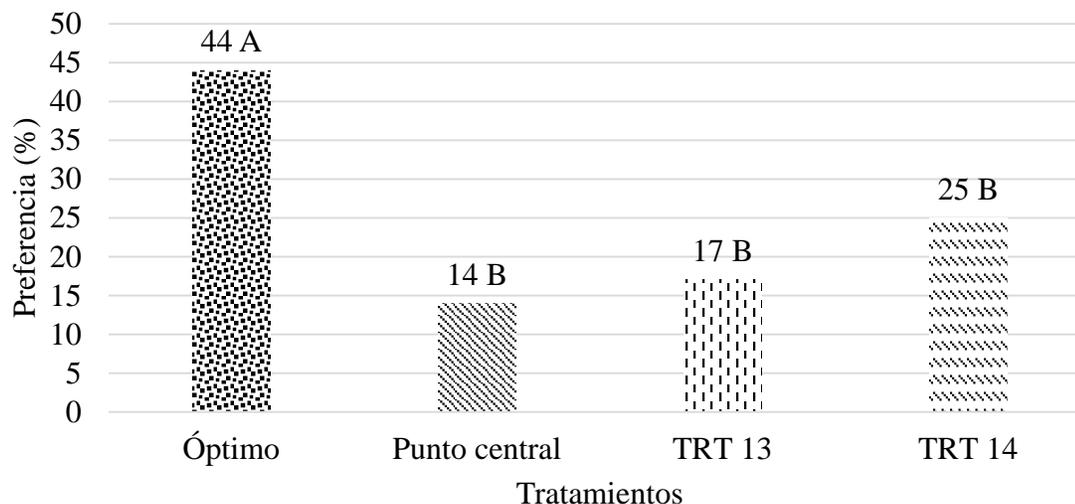


Figura 17. Resultados de análisis sensorial de preferencia.

TRT 13: tratamiento con menor costo variable

TRT 14: tratamiento con mayor costo variable.

#### Costos variables optimizados.

Los costos variables del producto optimizado para generar 1.75kg de producto final fueron USD 3.51. Se estimó la cantidad de materia prima y los costos variables (Cuadro 20). Estableciendo un precio de USD 0.85/ 200gramos de cuajada en sirope de suero, corresponde a HNL 20.00 (BCH 2017), con la producción de 1.75 kg de producto, se generan 9 unidades de 200 g, y se obtiene USD 7.65., esto representa USD 4.14 de ganancias, lo cual es equivalente a un 118% de ganancias, solo incluyendo costos variables.

Cuadro 20. Costos variables del producto optimizado.

Material	Costo unitario (USD/kg)*	Cantidad (kg)	Costo total (USD)*
Suero	0.01	5	0.06
Cuajada	4.40	0.5656	2.49
Pulpa	0.68	0.7841	0.54
Sacarosa	0.70	0.4371	0.31
Envase	0.11	1	0.11
<b>TOTAL</b>	<b>5.91</b>		<b>3.51</b>

\*: Tasa de cambio: HNL 23.3652

Con una producción de 200 unidades de 200 g de producto la Planta de Lácteos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano dejaría de desperdiciar 196 L de lactosuero (11%) en la elaboración de queso Zamorella; utilizando un factor de conversión equivalente a un kilogramo de suero igual a un litro de suero. Para producir una tanda de 1.75 kg de cuajada en sirope se necesita 5 kg de suero.

#### **4. CONCLUSIONES**

- La combinación de 11.97% de pulpa, 6.67% de sacarosa y 8.64% mediante una combinación cuadrática y lineal aumentan las variables rendimiento, sólidos solubles, adhesividad y color y minimizan las variables dureza y costos variables de la cuajada en sirope.
- Los panelistas no percibieron diferencia sensorial entre el tratamiento con mayor costo variable y el optimizado, sin embargo, el tratamiento con mayor preferencia fue el tratamiento óptimo.
- Los costos variables del tratamiento óptimo fueron 34% menos que el tratamiento con mayor costo variable.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Realizar un análisis de vida de anaquel del producto para su comercialización.
- Elaborar la cuajada en sirope utilizando otro tipo de frutas, tales como: naranja, fresa y durazno.
- Determinar empaque y etiquetado nutricional pertinente al producto y brindar información al consumidor.
- Evaluar estabilidad en anaquel de la cuajada en sirope.
- Elaborar la cuajada en sirope con otro tipo de cuajada y evaluar el efecto.
- Evaluar el efecto de la temperatura en las propiedades de la cuajada en sirope de suero.

## 6. LITERATURA CITADA

Abdualrahman MA. 2013. Physicochemical characteristics of different types of Mango (*Manguifera Indica* L.) fruits grown in drafur regions and its use in Jam Processing. [internet]. Southern Darfur State, Sudan. [consultado 2017 sep 14]. <https://www.science international.com/fulltext/?doi=sciintl.2013.144.147>

Aguilar BRU, Montero ML, De la Cruz J, Solís JRP, García HS. 2006. Uso de suero fermentado para reducir el tiempo de acidificación del queso Oaxaca. México: Agrociencia. Rev. DALYC. [consultado 2017 sep 14]. 40(5):569-575; <http://www.redalyc.org/html/302/30240502/>.

Alba L, Giraldo G, Quintero V. 2011. Caracterización de la fruta, pulpa y concentrado de Uchuva. Temas Agrarios. [consultado 2017 sep 14]. 16(1):137-146; Dialnet-CaracterizaciónDeLaFrutaPulpaYConcentradoDeUchuvaP-4149249.pdf

Andrade R, Vélez H, Arteaga M, Díaz Y, Sánchez S. 2009. Efecto de la neutralización y adición de edulcorante en las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del arequipe de leche de búfala. Colombia; Rev. Vitae. [consultado 2017 sep 14]. 16(2):201-209; <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v16n2/v16n2a04.pdf>

AOAC (Official Association of Chemists Analyst).1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. United States; [consultado 2017 oct 19]. <http://www.eoma.aoc.org/methods/info.asp?ID=31037>

Archila M, 2016. Grados Brix y sabor de la fruta. [internet]. Guatemala; [consultado 2017 sep 12]. [https://www.academia.edu/4508451/grados\\_brix\\_y\\_sabor\\_de\\_la\\_fruta](https://www.academia.edu/4508451/grados_brix_y_sabor_de_la_fruta)

Arias J. 2001. Cultura Láctea: El suero de la leche. Colombia: Colanta; [consultado 2017 sep 12]. [http://biblioteca.colanta.com.co/pmb/opac\\_css/doc\\_num.php?Expl\\_num\\_id=411](http://biblioteca.colanta.com.co/pmb/opac_css/doc_num.php?Expl_num_id=411)

Barrera E, Gil M, García C, Durango D. 2012. Empleo de un recubrimiento formulado con propóleos para el manejo poscosecha de frutos de papaya (*Carica papaya* L. cv. Hawaiana). Rev. Fac. Nac. Agron. [consultado 2017 sep 14]. 65(1):6497-6506; <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/30778>

Bazán C. 2010. Desarrollo y evaluación de un yogur firme utilizando tres edulcorantes no calóricos y dos porcentajes de mango [tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras-20p.

BCH (Banco Central de Honduras) 2017. Precio promedio del dólar (en Lempiras). [internet]. Honduras; [consultado 2017 sep 14]. <http://www.bch.hn/esteco/ianalisis/tcdint.pdf>.

Borie E, Fuentes R, Pareja F, Augusta I, Navarro P, Beltrán V. 2014. Fuerza máxima de mordida en pacientes adultos mayores de origen mapuche y no mapuche portadores de prótesis parciales removibles clase I Kennedy. Chile. Rev. PIRO. 7(3):164-168; doi: 10.1016/j.piro.2014.09.004

Box G, Draper NR. 1967. Empirical model-building with response surface. New York: Wiley. 424(1):229-231; doi: <http://www.stat.berkeley.edu/~cheng/Lecture 19. pdf>.

Briones M, 2009. Determinación de la temperatura vítrea de transición en caramelos duros. [tesis] Escuela Superior Politécnica del Litoral-Ecuador. 66p.

Brizuela E. 2009. Reacción de Maillard. [internet]. España. [consultado 2017 sep 6]. <https://sites.google.com/site/cocina4ingenieros/ciencia-y-tecnologia/conceptos-basicos/Alimentacion/reaccion-de-maillard#TOC-Alimentos-con-la-reacci-n-deMaillard>

Brookfield. 2017. Brookfield Ametek Aplicaciones Alimentarias Crema fraiche. [internet]. United States. [consultado 2017 sep 12]. <http://www.brookfieldengineering.com/products/texture-analyzers/ct3-texture-analyzer>

Buelvas G, Castro M, Avendaño M. 2014. Efecto de la ultra-congelación, el escaldado y la pasteurización sobre la calidad sensorial de la pulpa de mango hilacha. Colombia [consultado 2017 sep 14]. [http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion\\_bogota/documentos/enid/2015/memorias2015/ciencias\\_agricolas/efecto\\_de\\_la\\_ultracongelacion\\_el\\_escaldado.pdf](http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/documentos/enid/2015/memorias2015/ciencias_agricolas/efecto_de_la_ultracongelacion_el_escaldado.pdf)

Camacho. (2002). Obtención de mermeladas procesamiento y conservación de frutas, instituto de ciencia y tecnología de alimentos (I.C.T.A) [diapositiva]. Bogotá. [consultado 2017 sep 12]. 10 transparencias. [https://s3.amazonaws.com/academia.edu/documents/33691554/5.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1509160237&Signature=k9Vgd1UG3ATN0qDAkPiR9AxmOVA%3D&response-contentdisposition=inline%3B%20filename%3DCONSERVACION\\_DE\\_Averrhoa\\_carambola\\_CARAM.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu/documents/33691554/5.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1509160237&Signature=k9Vgd1UG3ATN0qDAkPiR9AxmOVA%3D&response-contentdisposition=inline%3B%20filename%3DCONSERVACION_DE_Averrhoa_carambola_CARAM.pdf)

Capra. 2015. Quesos caseros El pH a la hora de elaborar queso. [internet]. México. [consultado 2017 sep 12]. <http://www.capraispana.com/el-ph-a-la-hora-de-elaborar-queso/>

Castaño J, Quintero G, Vargas R. 2000. Caracterización del rendimiento de extracción y del contenido de sólidos solubles en la bebida de café. Cenicafé. [consultado 2017 sep 20]. 51(3): 185-195; <http://www.cenicafe.org/es/publications/arc051%2803%29185-195.pdf>

Castro A, Novoa C, Algecira N, Buitrago G. 2014. Reología y textura de quesos bajos en grasa. Colombia. Cienc. Tecnol. [consultado 2017 sep 14]. (22):58-66; versión Online ISSN 1851-7587.

Castro R. 2011. Determinación del mejor proceso de elaboración de dulce de leche a partir de la sustitución parcial o total de leche fresca por leche en polvo. [tesis] Escuela Superior Politécnica del Litoral-Guayaquil-Ecuador.246p.

CE (Comisión Europea). 2017. Diario Oficial de la Unión Europea. [internet]. Unión Europea. [Consultado 2017 sep 14]. <https://www.boe.es/doue/2017/186/L00003-00005.pdf>

Cepeda J, Muy D, Báez M, Lizarde E, Ireta A. 2009. Calidad y poscosecha de cultivares de mango de maduración temprana intermedia y tardía. México. Fitotec. [consultado 2017 sep 14]. 32(1):45-52; <https://www.revistafitotec.niamexicana.org/documentos/32-1/6a.pdf>

Clemens R, Jones J, Kern M, Lee S, Mayhew E, Salavin J, Zivanovic S. 2016. Functionality of sugars in foods and health. London. Rev. FSFS. 15(3):433-470; doi: 10.1111/1541-4337.12194

Corvis F, Arteaga M, Pérez O. 2016. Degradación de la vitamina C en un producto de mango (*Manguifera indica* L.) y lactosuero. Colombia. [consultado 2017 sep 12] 18(1):125-137; <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v18n1/v18n1a08.pdf>

Costell E. 2001. La aceptabilidad de los alimentos: nutrición y placer. España. Rev. arbol. 168(661):65-85. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2001.i661.823>

Costell E. 21 de marzo de 2002. Evaluación sensorial de la textura de los alimentos. [internet] España. [consultado 2017 sep 5] [http://www.percepnet.com/perc03\\_02.htm](http://www.percepnet.com/perc03_02.htm)

Cunningham A. 2000. Optimización de procesos de quesería. Organización de los Estados Americanos (OEA). México. 160p.

Dairy Processing Handbook. 2015. Whey processing. chapter 15. Tetra pak international S.A. Technology, Engineering, Agriculture. Costa Bylund. English. ISBN 9789176111321. 486p

Denicia E, Ramirez M. 2009. La industria de la leche y la contaminación del agua. México: Instituto Tecnológico de Puebla; Rev. Tecnol. [consultado 2017 sep 14]. (73):27-3; <http://www.elementos.buap.mx/num73/pdf/27.pdf>.

Endara F. 2002. Elaboración de una bebida a partir del suero de queso y leche descremada con sabor a mango. [tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras-37 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 1998. Ingeniería económica aplicada a la industria pesquera. [consultado 2017 sep 15]. AO Documento Técnico De Pesca 351: <http://www.fao.org/docrep/003/V8490S/v8490s00.htm#Contents>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2016. Producción y productos lácteos: tipos y características. [consultado 2017 sep 15]. Roma. <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/leche-y-productos-lacteos/tipos-y-caracteristicas/es/>.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 2017. Procesamiento a pequeña escala de frutas y hortalizas amazónicas nativas e introducidas. [consultado 2017 sep 15]. Roma. Depósito de Documentación de la FAO <http://www.fao.org/docrep/X5029S/X5029S09.htm>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2017. Instituto de investigaciones en fruticultura tropical. [consultado 2017 sep 16]. Cuba. <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/1067/cuf0114s.pdf>

Feng P, Weagant SD, Burkhardt W, Gran MA, 2002. BAM 4: Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria. Bacteriological Analytical Manual. U.S. [consultado 2017 Oct 3]. (4):13-19; <https://www.fda.gov/food/foods-cience-research/laboratorymethods/ucm064948.htm>.

Fernández W. 2014. Determinación de rendimientos para la elaboración de queso mozzarella, requesón y yogurt [tesis]. Universidad Rafael Landívar-Guatemala. 86p.

Fruit E. 2017. Conoce el mango. [internet]. México. [consultado 2017 sep 12]. <https://exoticfruitbox.com/es/frutas-exoticas/mango/>

García F, Millán L, Ramirez N. 2008. Evaluación de los efectos en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y texturales de polidextrosa, fructosa y sorbitol como sustitutos de azúcar en la elaboración de arequipe. Rev. Colombia. [consultado 2017 sep 14]. 5(2); [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-44492008000200004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492008000200004)

Gauna A. 2007. Tecnología de elaboración de queso Mozzarella pizza cheese. [internet] Argentina. INTI Lácteos. [consultado 2017 sep 14]. <https://www.inti.gov.ar/lacteos/pdf/MozzarellaPizzacheese.pdf>

Gross O. 2013. El libro del Azúcar. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ingenio y refinería San Martín del Tabacal. [consultado 2017 sep 14]. Ed. Emede S.A. ISBN 978-987-29035-0-3. <http://www.azucarchange.com.ar/descargas/El%20libro%20del%20azucar.pdf>

GUELPH University. 2017. Ricotta Cheese. Food Science Department. [Consultado 2017 sep 14]. Ontario, Canada. <https://www.uoguelph.ca/foodscience/book-page/ricotta-cheese>

Guzmán L, Tejada C, Ossa Y, Rivera C, 2015. Análisis comparativo de perfiles de textura de quesos frescos de leche de cabra y vaca. Rev. Colombia. BSAA. [consultado 2017 sep 14]. 13(1):139-147; <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v13n1/v13n1a16.pdf>

Harris M. 1987. Food and evolution toward a theory of human food habits. [EE.UU. Temple University Press, U.S. Inglés. consultado 2017 sep 14]. ISBN-10: 08772 26687646p

Hernández E, Chen C, Johnson J, Carter R, 1995. Viscosity changes in orange juice. Florida, USA. Journal of Food Engineering. 25(3):387-396; [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(94\)00013-Y](https://doi.org/10.1016/0260-8774(94)00013-Y)

Hincapié G, Vásquez D, Galicia V, Hincapié C. 2014. propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria de cáscaras de mango variedad hilacha (*Manguifera indica* L.): Efecto del secado por convección. BSAA. [consultado 2017 sep 14]. 12(1):153-160; <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n1/v12n1a18.pdf>

Hui YH, 1993. Dairy science and technology handbook. Eureka, California, United States of America.

Ibarz A, Garvín A, Costa J. junio de 1996. Rheological behavior of loquat (*Eriobotrya Japonica*) juices. Barcelona, España. Journal of texture studies. [consultado 2017 sep 14]. 27(2):175-184; <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-4603.1996.tb00067x/abstract>

INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial), 2010. Elaboración de dulce de leche. Argentina. 2da Edición. [consultado 2017 sep 15]. ISBN 978-950-532-146-9 [https://www.inti.gob.ar/atp/pdf/cuadernilloDulcedeLeche\\_2Edic.pdf](https://www.inti.gob.ar/atp/pdf/cuadernilloDulcedeLeche_2Edic.pdf)

Lechería E. 2017. Elaboración de quesos: factores que disminuyen el rendimiento y como evitarlos. [internet]. Uruguay. [consultado 2017 sep 14]. <https://www.porta-lechero.com/innovaportal/v/701/1/innova.front/elaboracion-de-quesos:-factores-que-disminuyen-el-rendimiento-y-como-evitarlos-.html?page=2>

Lezama D, 2010. Comportamiento y evaluación de las proteínas de la leche (caseína y del lactosuero) frente al tratamiento térmico y pH. [tesis]. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú-21p.

López L. 2008. Control De La Inversión De La Sacarosa En El Proceso De Elaboración De Jarabe Simple De Bebidas Carbonatadas. [tesis] Universidad de San Carlos de Guatemala. 57p.

Lou Y, Ng KFK-H. 1992. Effects of protein and fat levels in milk on cheese and whey compositions. Canada. Food Research International. 25(1):445-451; <https://sci-hub.cc/> [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(92\)90169-6](https://doi.org/10.1016/0963-9969(92)90169-6).

Martínez A, López A, Franco K, Díaz F, Aguilera V. 2009. Variedad y apariencia de los alimentos modifican la conducta alimentaria. Rev. Diversitas Perspectivas en psicología. [consultado 2017 sep 5]. 5(2):391-397; [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-99982009000200014](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-99982009000200014)

Martínez A, Olga L, Maria O, Gutiérrez E, Ester L, Mediana, Gilma B, Flórez A, Oscar A. 2003. Caracterización sensorial de fibras de algunas frutas comunes en Colombia. Colombia. [consultado 2017 sep 14] <http://www.redalyc.org/pdf/1698/169817981001.pdf>

Martínez M, Jesús A, Vicario R, Heredia I, José F. 2004. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. Archivos latinoamericanos de nutrición. [consultado 2017 oct 6]. 54(2):209-215 Universidad de Sevilla. Departamento de nutrición y bromatología, toxicología y medicina legal. <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/26409>.

Martínez T, Sánchez L, Torres G, García D. 2012. Value chain of mango and its byproducts based in the nutritional and functional properties. México. Rev. Food Chemistry. [consultado 2017 sep 14]. 135(3): 1520-1526; <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/120464/2/4.Articulo-Red-Valor-Mango-Corregido-9Julio.pdf>

Maturin L, Peeler JT. 2001. Bacteriological Analytical Manual Chapter 3: Aerobic Plate Count. USA. FDA; [Consultado 2017 oct 3]. [https://www.fda.gov/food/foods\\_cience\\_research/laboratorymethods/ucm063346.htm](https://www.fda.gov/food/foods_cience_research/laboratorymethods/ucm063346.htm).

McSweeney P, Fox. 2009. Advanced dairy chemistry volume 3: lactose, water, salts and minor constituents. Cork, Ireland: Springer Science. doi 10.1007/978-3-319-14892-2.

Mena P. 2002. Formulación y elaboración de dos bebidas refrescantes con base en suero dulce de queso Fresco y sabores de frutas. [tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Honduras-57p.

Millán F. 2002. El conglomerado del azúcar del valle del Cauca, Colombia. Naciones Unidas. [internet]. Colombia. [consultado 2017 sep 15]. [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4523/S0212973\\_es.pdf;jsessionid=23738B8E3B0231F5AB889A6C0C0A4D50?sequence=1](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4523/S0212973_es.pdf;jsessionid=23738B8E3B0231F5AB889A6C0C0A4D50?sequence=1)

Montoya M, 2009. El color de los alimentos. San Agustín, RRC. Eroski. (219):79-88; [consultado 2017 sep 5]. <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2002/10/09/3639.php>

Monzón H. 2017. Desarrollo de una bebida fermentada de suero con la adición de jugo de Aloe vera y pulpa de fruta. Cuba. Rev. TQ. [consultado 2017 sep 11]. 37(1):40-50; [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852017000100005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852017000100005)

Nashielli G. 2003. Caracterización fisicoquímica y funcional de los residuos fibroso del mango. [tesis]. Universidad Tecnológica de la Mixteca-Oaxaca-50p.

Navas J, Murcia C, Castro V. 2014. Análisis de aceptación y preferencia del manjar blanco del valle. Colombia. Rev. Bio. Sec. Agroin. Agrop. [consultado 2017 sep 14]. 12(1):20-27 <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n1/v12n1a03.pdf>

Nayeli. 2016. Conoce la pectina y su función en las mermeladas y las jaleas. [internet] España. [consultado 2017 sep 14]. <https://www.vivalacocina.com/conoce-la-pectina-y-su-funcion-en-las-mermeladas-y-las-jaleas/>

Ochoa A, Hernández J, López E, García H. 2013. Rendimiento, firmeza y aceptación sensorial de queso panela adicionado con estabilizantes. México. [internet] Rev. Universidad y ciencia. [consultado 2017 sep 14]. 29(3):277-286; <http://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v29n3/v29n3a6.pdf>

Owni OE, Osman SE. 2009. Evaluation of chemical composition and yield of mozzarella cheese using two different methods of processing. Sudan: Pakistan. Journal of Nutrition. 8(5):684-687; [consultado 2017 sep 14]. <http://scialert.net/fulltext/?doi=pjn.2009.684.687>.

Parra R. 2009. Lactosuero importancia en la industria de alimentos. Medellin Colombia. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. [consultado 2017 sep 14]. Rev. Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 62(1):4967-4982; <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v62n1/a21v62n1.pdf>.

Pastoriza S. 2013. Efecto de la Ingesta de Compuestos Avanzados de la Reacción de Maillard Sobre el Metabolismo Gastrointestinal. [tesis]. Universidad de Granada-Granada. 108p.

Paucar LM. 2013. Tecnología de Azúcar. Perú: Universidad Nacional del Santa. [consultado 2017 sep 14]. Perú. [http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/tema\\_3\\_azucar\(1\).pdf](http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/tema_3_azucar(1).pdf).

Pedro M. 2013. Evaluación del contenido de calcio y fósforo en quesos blandos. [tesis] Universidad Nacional Del Litoral. Colombia-135p

Peña H. 2010. Ficha técnica producto terminado. [internet]. Colombia. [consultado 2017 sep 14]. <https://clpichardo.files.wordpress.com/2012/10/ficha-tecnica.pdf>

Pereira J. 2010. Observación del Gamut. [internet]. Asociación Española de Imagen Científica Y Forense. España. [consultado 2017 sep 6]. <http://www.jpereira.net/rough-profiler/validar-perfil-color-icc-delta-e>

Pérez E. 2016. Viscosidad, consistencia y textura en los alimentos. [internet] Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Departamento de Tecnología. [consultado 2017 sep 5]. <http://www.ciensucv.ve:8080/generador/sites/mmedina/archivos/Practica4.pdf>

Porras O. 2014. Efecto de la aplicación de ondas de ultrasonido sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas de pulpa de mango (*Manguifera indica* L.). Rev. Alimentos Hoy. [consultado 2017 sep 11]. 20(23):52-77; <http://www.alimentoshoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/26/0>

Poveda E. 2013. Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad. Colombia. Rev. ChiNutri. 40(4):397-403; doi.org/10.4067/S0717-75182013000400011

Punidades P, Feirtag J, Atung M. 1999. Incorporating whey proteins into mozzarella cheese. [consultado 2017 oct 4]. International Journal of Dairy Technology. 52(2):51-55; doi: 10.1111/j.1471-0307.1999.tb02070.x

Quezada J. 2013. Efecto de la concentración de iota-carragenina y sacarosa en el color, textura, y características organolépticas de manjar sólido. [tesis]. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú-35p.

Quezada M, Bernys W. 2015. Efecto de lactasa y cloruro de calcio en las propiedades físicas, químicas y sensoriales del queso crema deslactosado [tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras.27p.

Quintana F, Galván E, Rivero R, Torres R. 2015. Efecto de la temperatura y concentración sobre las propiedades reológicas de la pulpa de mango. Colombia. Rev. ION. 28(2):79-92; doi: <https://doi.org/10.18273/revion.v28n2-2015007>

Quintero V, Duque A, Giraldo G. 2012. evaluación de viscosidad y color en la pulpa de mango común (*Manguifera Indica* L) tratada enzimáticamente. Quindío-Colombia. Rev. Temas Agra. [consultado 2017 sep 14]. 17(2):66-76; <https://dialnet.Unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4286692>

Ramírez C, Ruíz J. 2012. Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. México. Rev. Temas Select. IA. [consultado 2017 sep 14]. 6(2):131-148; <http://web.udlap.mx/tsia/files/2013/12/TSIA-62Ramirez-Lopez-et-al-2012.pdf>

Revilla RA. 1996. Tecnología de la leche. 3ed. Rev. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. 396 p.

Reyes H, 2014. Evaluación de factores que afectan el rendimiento del queso Crema y Zamorella en la Planta de Lácteos de la EAP. [tesis] Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 29p

Rocha G. 2009. Obtenção e caracterização de Filmes biodegradáveis a partir de misturas de Amido de Mandioca e Extrato Protéico de Soja. [tesis]. Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro. Brasil-92 p.

Rodriguez D. 1999. Carotenoides y preparación de alimentos: La Retención de los carotenoides provitamina A en alimentos preparados, procesados y almacenados. [tesis]. Universidade Estadual de Campinas. Brasil-105p.

Rodríguez M. 2012. Modelo de descuento por cantidad. [internet]. México. [consultado 2017 sep 14]. <https://es.slideshare.net/MariaGpeRdzMarthell/modlo-de-descuento-por-cantidad>.

Rodriguez P, Ruíz G. 2012. Adhesividad en Alimentos. [consultado 2017 sep 14]. Colombia. Rev. medes. 49(3):137-143; doi: 10.1016/j.rh.2015.03.001.

Rojas R. 2014. El Azúcar y los grados brix. [internet]. España. [consultado 2017 sep 11]. <https://medidordeph.com/blog/2014/09/el-azucar-y-los-grados-brix/>

Rojas S, Delgado V, Martínez P. 2009. Efecto de la temperatura y concentración de sólidos solubles en la viscosidad de soluciones de sacarosa. México. [consultado 2017 sep 11]. [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/25Arrheniusviscosidad\\_14241.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/25Arrheniusviscosidad_14241.pdf)

Rosales M. 2001. Elaboración de mermeladas procesamiento de alimentos para pequeñas y micro empresas agroindustriales. [internet]. Perú. [consultado 2017 sep 12]. [http://www.redmujeres.org/biblioteca%20digital/elaboracion\\_mermeladas.pdf](http://www.redmujeres.org/biblioteca%20digital/elaboracion_mermeladas.pdf)

RTCA (Reglamento Técnico Centro Americano) 2009. Alimentos criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos.

Ruíz J. 2014. Proceso de elaboración y propiedades fisicoquímicas de las leches condensada, azucarada y evaporada. [internet]. Puebla México. [consultado 2017 sep 14]. [http://www.udlap.mx/wp/tsia/files/No6-Vol-1/TSIA-6\(1\)-Marcelin-Rodriguez-et-al-2012.pdf](http://www.udlap.mx/wp/tsia/files/No6-Vol-1/TSIA-6(1)-Marcelin-Rodriguez-et-al-2012.pdf)

Salazar A. 2015. Elaboración de leche condensada de leche de búfala. Colombia. [consultado 2017 sep 4]. <http://www.bdigital.unal.edu.co/49481/1/45761832.2015.pdf>

Sánchez L. 2016. Influencia de la Homogenización, el contenido de proteínas y el fermento en la calidad del yogurt. [tesis]. Universidad de Valladolid. España-33p.

Sbodio O, Revelli G, 2012. Coagulación de la leche. Desarrollo de un dispositivo para el "monitoreo" online del proceso. Rev. IA. [consultado 2017 sep 14]. 38(3):236-246; [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1669-23142012000300006236P](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142012000300006236P).

SIMPAH (Sistema de Información de Mercado de Productos Agrícolas de Honduras. 2017. Reporte semanal de precios de venta de productos pecuarios y otros. Tegucigalpa-Honduras. [consultado 2017 sep 15]. [http://fhia-hn.org/downloads/simpah\\_pdfs/1.7.TGA\\_PEC.pdf](http://fhia-hn.org/downloads/simpah_pdfs/1.7.TGA_PEC.pdf)

Socaciu C. 2008. Food colorants: Chemical and functional properties. 1ra ed. Romania. CRC Press. [consultado 2017 sep 14]. <https://books.google.hn/books?hl=es&lr=&id=x8zJBQuc8h4C&oi=fnd&pg=PA51&dq=natural%20colorant%20mango&ots=9ytZzVIUUh&sig=mqKKHnY51QkKO9lm5iAeGGcHAK0#v=onepage&q=natural%20colorant%20mango&f=false>

Solís K. 2013. Efecto del uso de lactosuero dulce en el rendimiento y en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de pan blanco. [tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 17p

Souza R. Gimenes M, Costa S, Müller C. 2008. Eliminación de grasas del suero de queso para obtener proteínas y lactosa. [internet]. Brasil. [consultado 2017 sep 11]. <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v19n2/art06.pdf>

UDELAR (Universidad de la República). 2009. El manejo de la alimentación para modificar la composición química de la leche. Uruguay: Facultad de Agronomía. [consultado 2017 sep 14]. <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/produccion%20lechera/teoricos/13%20%20manejo%20de%20la%20alimentacion%20para%20modificar%20la%20composicion%20quimica%20de%20la%20leche.pdf>.

UNC (Universidad Nacional de Colombia). 2006. Análisis Fisicoquímico. [internet]. Colombia. [consultado 2017 sep 14]. <http://www.icta.unal.edu.co/index.php/ct-menu-item-12/analisis-icta/ct-menu-item-13>

Valencia Denicia E, Ramírez Castillo ML. 2009. La industria de la leche y la contaminación del agua. México: Instituto Tecnológico de Puebla. [consultado 2017 sep 14]. <http://www.elementos.buap.mx/num73/pdf/27.pdf>.

Valencia F, Millán L, Ramírez N. 2008. Evaluación de los efectos en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y texturales de polidextrosa, fructosa y sorbitol como sustitutos de azúcar en la elaboración de arequipe. Colombia. Rev. Lasallista Investig. [consultado 2017 sep 14]. 5(2):20-27; [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-44492008000200004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492008000200004)

Vides A. 2010. Rendimiento en elaboración de quesos. [internet]. Medellín-Colombia. [consultado 2017 sep 14]. <https://es.slideshare.net/adriavigu/tema-3-rendimiento>

Villalobos A, Pineda M, Méndez S. 2013. Efecto de la proporción de leche bovina y caprina en las características del dulce de leche. Costa Rica. Agro. Measoam. [consultado 2017 sep 12]. 24(1):1; <http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sciarttext&pid=S1659-13212013000100014>

Wall-Medrano A. 2014. El mango: aspectos agroindustriales, valor nutricional/funcional y efectos en la salud. Rev. Nutr Hosp. [consultado 2017 sep 7]. 31(1):67-75; [http:// www.aulamedica.es/nh/pdf/7701.pdf](http://www.aulamedica.es/nh/pdf/7701.pdf)

Wansink B, Painter J, North J. 2005. Bottomless bowls: why visual cues of portion size may influence intake. *Obes Res.* 13(1):93-100; doi: 10.1038/oby.2005.12

Zimmermann S, Ruíz E. 2010. Estructura y funcionalidad de proteínas lácteas: Efectos de modificaciones inducidas por medios físicos, químicos y enzimáticos. Cholula, Puebla. México. Rev. Temas Selectos IA. [consultado 2017 sep 14]. 2(4):24-37; [http://tsiaudlap.azurewebsites.net/estructura-y-funcionalidad-de-proteinas-lacteas-efecto -de- modificaciones-inducidas-por-medios-fisicos-quimicos-y-enzimaticos/](http://tsiaudlap.azurewebsites.net/estructura-y-funcionalidad-de-proteinas-lacteas-efecto-de-modificaciones-inducidas-por-medios-fisicos-quimicos-y-enzimaticos/).

Zunino A. 1998. Dulce de leche. Aspectos básicos para su adecuada elaboración. [internet].

Departamento de Fiscalización de Industrias Lácteas. [consultado 2017 sep 12]. [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=284064&pid=S1659-1321201300010001400060&lng=en](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=284064&pid=S1659-1321201300010001400060&lng=en)

## 7. ANEXOS

### Anexo 1. Boleta de respuesta para analisis sensorial.

Sexo: M  F

Código: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** Se le presentará 4 muestras de queso en sirope, y un vaso de agua.

Antes y después de cada muestra tomada limpiar su paladar con agua y galleta.

Pruebe las muestras de Izquierda a Derecha y evalúe la apariencia antes de probar cada muestra.

Coloque el número en el cuadro, indicando su grado de aceptación.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgustas extremadamente	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta poco	Ni me gusta/ ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho	Me gusta extremadamente

Muestra \_\_\_\_\_

Atributos	Apariencia	Color	Textura	Dulzura	Adhesividad	Sabor	Aceptación General
Calificación							

Muestra \_\_\_\_\_

Atributos	Apariencia	Color	Textura	Dulzura	Adhesividad	Sabor	Aceptación General
Calificación							

Muestra \_\_\_\_\_

Atributos	Apariencia	Color	Textura	Dulzura	Adhesividad	Sabor	Aceptación General
Calificación							

Muestra \_\_\_\_\_

Atributos	Apariencia	Color	Textura	Dulzura	Adhesividad	Sabor	Aceptación General
Calificación							

**Por último, por favor indicar la muestra de su preferencia:** \_\_\_\_\_

COMENTARIOS: \_\_\_\_\_

**Muchas gracias por su participación**

**Anexo 2.** Correlaciones del análisis sensorial de aceptación general.

	Apariencia	Color	Textura	Dulzura	Adhesividad	Sabor	Aceptación general
Apariencia	1	0.85063 <sup>€</sup> <.0001 <sup>1</sup>	0.63231 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>	0.51283 <.0001 <sup>1</sup>	0.57108 <.0001 <sup>1</sup>	0.52509 <.0001 <sup>1</sup>	0.65981 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>
Color	0.85063 <sup>€</sup> <.0001 <sup>1</sup>	1	0.61936 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>	0.49178 <.0001 <sup>1</sup>	0.55723 <.0001 <sup>1</sup>	0.50767 <.0001 <sup>1</sup>	0.66316 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>
Textura	0.63231 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>	0.61936 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>	1	0.62932 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>	0.70619 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>	0.63203 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>	0.75251 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>
Dulzura	0.51283 <.0001 <sup>1</sup>	0.49178 <.0001 <sup>1</sup>	0.6293 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>	1	0.67784 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>	0.80006 <sup>€</sup> <.0001 <sup>1</sup>	0.78952 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>
Adhesividad	0.57108 <.0001 <sup>1</sup>	0.55723 <.0001 <sup>1</sup>	0.7061 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>	0.67784 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>	1	0.67717 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>	0.75177 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>
Sabor	0.52509 <.0001 <sup>1</sup>	0.50767 <.0001 <sup>1</sup>	0.6320 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>	0.80006 <sup>€</sup> <.0001 <sup>1</sup>	0.67717 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>	1	0.85916 <sup>€</sup> <.0001 <sup>1</sup>
Aceptación general	0.65981 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>	0.66316 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>	0.7525 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>	0.78952 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>	0.75177 <sup>Ω</sup> <.0001 <sup>1</sup>	0.85916 <sup>€</sup> <.0001 <sup>1</sup>	1

<sup>1</sup>Significancia estadística (P<0.05). <sup>€</sup>Correlación positiva alta (≥0.80).

<sup>Ω</sup> Correlación positiva media (0.60-0.79).