UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN ALIMENTOS

TRABAJO DE GRADUACIÓN

"EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y TIEMPO DE CUAJADA DE TRES COAGULANTES LÁCTEOS EN QUESO DE SOYA"

T.U. Sindy Fernanda Waleska Ortíz Sosa

Carné No.: 200841263

Asesores: M.V. Edgar Roberto Del Cid Chacón
Q.B. Gladys Floriselda Calderón Castilla

Mazatenango, Suchitepéquez, Agosto de 2018

ÍNDICE GENERAL

1. RESUMEN 1
2. ABSTRACT 3
3. INTRODUCCIÓN 5
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 6
5. JUSTIFICACIÓN 7
6. MARCO TEÓRICO 8
   - 6.1. La soya 8
   - 6.2. Composición química de la soya 8
     - 6.2.1. Proteína 8
     - 6.2.2. Lípidos 10
     - 6.2.3. Carbohidratos 11
     - 6.2.4. Minerales 12
     - 6.2.5. Vitaminas 13
   - 6.3. Factores que afectan la calidad de la soya 14
   - 6.4. Productos derivados de la soya 14
     - 6.4.1. Leche de soya 15
     - 6.4.1.1. Requerimientos microbiológicos de la leche de soya 15
     - 6.4.1.2. Composición química de la leche de soya 16
     - 6.4.1.3. Clasificación de la leche de soya 16
     - 6.4.1.4. Proceso de elaboración de la leche de soya 17
     - 6.4.2. Tofu 19
     - 6.4.2.1. Composición química del tofu 21
     - 6.4.2.2. Clasificación del tofu 22
     - 6.4.2.3. Proceso de elaboración del tofu 23
   - 6.5. Agentes coagulantes en la elaboración de queso de soya o tofu. 24
     - 6.5.1. El cuajo (enzima Liofilizada) 24
     - 6.5.1.1. Propiedades del cuajo (enzima liofilizada) 25
     - 6.5.1.2. Tipos de presentaciones del cuajo 26
     - 6.5.2. Ácido cítrico 26

6.5.2.1. Propiedades……...26
6.5.2.2. Usos y aplicaciones del ácido cítrico 27
6.5.3. Ácido acético 27
6.6. Variables en la manufactura del tofu 28
6.7. Variables en el proceso de elaboración de queso de soya o Tofu 28
6.7.1. Maceración y extracción 28
6.7.2. Filtración y calentamiento 29
6.7.3. Pasos de la coagulación 29
6.8. Factores que afectan la calidad del tofu 29
6.9. Análisis Proximal 30
6.10. Evaluación Sensorial 30
6.10.1. Aplicaciones de una evaluación sensorial 30
6.10.2. Tipos de análisis sensorial 31
6.10.3. Pruebas Hedónicas 31
6.11. Método Estadístico de Bloques al Azar 32
6.11.1. Promedio de una muestra 32
6.11.2. Análisis de varianza 32
6.11.3. Prueba de Tukey 35
7. OBJETIVOS 36
8. HIPÓTESIS 37
9. RECURSOS 38
9.1. Humanos 38
9.2. Físicos 38
9.3. Institucionales 38
9.4. Económicos 38
9.5. Recursos materiales disponibles 39
9.5.1. Materiales disponibles para la elaboración de la leche de soya 39
9.5.2. Materiales disponibles para la elaboración de queso de soya 39
9.5.3. Equipo 39

9.5.4. Cristalería y materiales 39
10. MARCO OPERATIVO 40
10.1. Técnicas de investigación 40
10.2. Delimitación del campo de estudio 40
10.3. Localización del experimento 40
10.4. Metodología experimental 41
10.4.1. Variables 41
10.4.1.1. Variables de estudio para la estandarización de la leche de soya según las características sensoriales 41
10.4.1.2. Variables de estudio para el rendimiento de queso de soya 42
10.4.1.3. Variables de estudio para el tiempo de coagulación del queso de soya 42
10.4.1.4. Variables de estudio para la medición de proteína y grasa en el queso de soya 42
10.4.2. Diseño preliminar 42
10.4.3. Técnicas cuantitativas del proceso 43
10.4.3.1. Selección de materias primas 43
10.4.3.2. Estandarización del proceso de elaboración de leche de soya 43
10.4.3.3. Elaboración del queso de soya 43
10.4.4. Técnicas cuantitativas de análisis 44
10.4.4.1. Medición del rendimiento 44
10.4.4.2. Medición del tiempo de cuajada 44
10.4.4.3. Medición del contenido de proteína 45
10.4.4.4. Medición del contenido de grasa 45
10.4.5. Diseño experimental 45
10.4.6. Esquemas del experimento 47
10.4.7. Recolección y ordenamiento de la información 48
11. RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN 49
11.1. Estandarización del proceso de elaboración de leche de

soya y determinación de su contenido de proteína y grasa 49
11.1.1. Contenido de proteína y grasa en la leche de soya con relación 1:7 51
11.2. Evaluación del rendimiento en masa de cuajada de soya según las diferentes concentraciones de los coagulantes lácteos empleados 51
11.2.1. Evaluación del rendimiento utilizando la enzima liofilizada 52
11.2.2. Evaluación del rendimiento utilizando ácido cítrico 52
11.2.3. Evaluación del rendimiento utilizando ácido acético 54
11.2.4. Comparación de los tratamientos que tuvieron los mejores rendimientos con ácido acético y ácido cítrico. 57
11.3. Evaluación del tiempo de cuajada según las diferentes concentraciones de los coagulantes lácteos empleados 58
11.3.1. Evaluación del tiempo de cuajada utilizando enzima liofilizada 59
11.3.2. Evaluación del tiempo de cuajada utilizando ácido cítrico 59
11.3.2.1. Resumen del análisis de varianza para la evaluación del tiempo de cuajada utilizando ácido cítrico 60
11.3.3. Evaluación del tiempo de cuajada utilizando ácido acético 60
11.3.3.1. Resumen del análisis de varianza para la evaluación del tiempo de cuajada utilizando ácido acético 61
11.3.4. Comparación del tiempo de cuajada con los tratamientos E1 y E2 61
11.4. Evaluación del contenido de proteína y grasa presentes en los quesos de soya seleccionados con los mayores rendimientos por cada tipo de coagulante empleado 62
12. CONCLUSIONES 64

13. RECOMENDACIONES 65
14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 66
15. ANEXOS 70
16. APÉNDICES 82
17. GLOSARIO 108

ÍNDICE DE TABLAS

1. Contenido de aminoácidos esenciales en la soya (mg / 1 g de Nitrógeno) 9
2. Comparación del contenido de minerales presentes en la leche de soya y los requerimientos de la ingesta diaria recomendada..... 12
3. Comparación del contenido de vitaminas presentes en la leche de soya y los requerimientos de la ingesta diaria recomendada..... 13
4. Composición de la leche de soya con una relación de soya:agua de 1:5 en g/100g. . ……..16
5. Composición química del tofu en 100 g de soya..... 21
6. Composición química del tofu 22
7. Datos para el diseño de bloques al azar..... 33
8. Análisis de varianza para el experimento de bloques al azar 34
9. Descripción de la delimitación y campo de estudio 40
10. Aplicación de coagulantes lácteos a diferentes concentraciones a la leche de soya obtenida. 44
11. Descripción de los tratamientos aplicando cuajo (enzima liofilizada)..... 46
12. Descripción de los tratamientos aplicando ácido cítrico 46
13. Descripción de los tratamientos aplicando ácido acético 46
14. Esquema del experimento según el método estadístico 47
15. Esquema del experimento por tipo de coagulante..... 48
16. Códigos de referencias de las muestras de leche de soya..... 49
17. Resumen del análisis de varianza de las características sensoriales evaluadas en las tres muestras de leche de soya..... 49
18. Resumen de la prueba de Tukey para la característica sensorial de sabor 50
19. Contenido de proteína y extracto etéreo realizado a la muestra 233 de leche de soya…….. 51
20. Resultados de las medias de rendimientos en gramos de cuajada utilizando ácido cítrico… 52
21. Resumen de los resultados del análisis de varianza para tratamientos con ácido cítrico… 53

22. Resumen de los resultados de la prueba de Tukey para tratamientos con ácido cítrico…. 54
23. Resultados de rendimientos en gramos de cuajada utilizando ácido acético 55
24. Resumen de los resultados del análisis de varianza de la evaluación del rendimiento de los tratamientos con ácido acético. 56
25. Resumen de los resultados de la prueba de Tukey para tratamientos con ácido acético….. 56
26. Resumen del análisis de varianza para los tratamientos E1 y E2..... 58
27. Determinación del contenido de proteína y grasa en muestras de queso de soya seleccionadas con los mejores rendimientos de cuajada. 63
28. Rendimiento aproximado de gramos de soya hidratada por gramos de soya no hidratada (con tiempo de remojo de 10 horas)..... 104
29. Resultados de los rendimientos por gramos de soya hidrata según los resultados promedios en masa de cuajada con los tratamiento E1 y E2 105
30. Resultados de rendimientos y materiales durante el proceso de elaboración de queso de soya basado en 100 gramos de soya original (sin hidratar)..... 106

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Rendimientos promedios de los tratamientos con ácido cítrico……53
Gráfica 2. Rendimientos promedios de los tratamientos con ácido acético…….. 55
Gráfica 3. Rendimientos con los tratamientos E1 y E2…… 57
Gráfica 4. Evaluación del tiempo de cuajada utilizando ácido cítrico…….. 59
Gráfica 5. Evaluación del tiempo de cuajada utilizando ácido acético……. 60
Gráfica 6. Comparación del tiempo de coagulación entre los tratamientos E1 y E2……. 62

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Descripción de los procedimientos para la elaboración de la leche…… 70-71
ANEXO 2. Procedimiento de evaluación de las características sensoriales en la leche de soya…… 72
ANEXO 3. Modelo de boleta de evaluación sensorial…….…….. 73-74
ANEXO 4. Proceso de elaboración de queso de soya……..…….. 75
ANEXO 5. Diagrama del proceso de elaboración de la leche de soya……..…….76
ANEXO 6. Diagrama del proceso de elaboración de queso de soya…….…….……77
ANEXO 7. Clasificación de los alimentos derivados de la soya……..……..78
ANEXO 8. Resultados del análisis químico proximal……79
ANEXO 9. Distribución de f al nivel de significancia del 5%.....80
ANEXO 10. Puntos porcentuales de la distribución de rangos estudiantizados: valores de q (0.05; k,v)…… 81

ÍNDICE DE APÉNDICES

APÉNDICE 1. Resultados de la estandarización de la leche de soya……..….. 82-90
APÉNDICE 2. Resultados de rendimientos de cuajada de soya…….… 91-97
APÉNDICE 3. Resultados de tiempos de cuajada…….98-103
APÉNDICE 4. Evaluación de rendimientos en porcentajes en algunas etapas del proceso de elaboración de queso de soya……...104-107

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ml	mililitros
mg	miligramos
g	gramos
hrs	horas
%	porcentaje
%m/m	porcentaje de masa en masa
%v/v	porcentaje de volumen en volumen
Kcal	kilocalorías
E.E.	Error Experimental
DMS	Diferencia Media Significativa

1. RESUMEN

La investigación basada en la evaluación de tres coagulantes lácteos en queso de soya se realizó en dos fases, la primera fase consistió en la estandarización del procedimiento de elaboración de la leche de soya la cual sería utilizada para evaluar rendimientos y tiempo de cuajada en masa de soya, que correspondió a la segunda fase de la investigación.

Para el caso de la estandarización del procedimiento de elaboración de leche de soya se tomaron en cuenta tres relaciones de soya:agua (1:5, 1:6 y 1:7) que fueron evaluados mediante una prueba sensorial piloto en la que participaron veintiocho panelistas, realizada en el Laboratorio de Evaluación Sensorial de la Carrera de Ingeniería en Alimentos, del Centro Universitario de Suroccidente. Se determinó de esta manera que en cuanto a las características sensoriales de color, olor y apariencia no existió diferencia significativa entre las relaciones mencionadas, sin embargo en cuanto a la característica sensorial del sabor sí existió diferencia significativa entre las relaciones, por lo que, se procedió a realizar una prueba de Tukey entre medias, en donde se determinó que la relación más aceptada, con una media que corresponde a la escala hedónica de "me gusta moderadamente", fue la relación 1:7, por lo que, quedó seleccionado el procedimiento para elaboración de leche de soya con dicha relación.

La evaluación del rendimiento en masa y tiempo de cuajada de soya, fue realizada utilizando tres tipos de coagulantes lácteos (enzima liofilizada, ácido cítrico y ácido acético), mediante cinco tratamientos o concentraciones de dichos coagulantes. Se realizaron cuatro repeticiones por tratamiento, que fueron analizados mediante el método experimental de bloques al azar con un nivel de significancia de 0.05 para un probabilidad del 95%.

De este modo, se pudo determinar que los tratamientos E1 con ácido cítrico y E2 con ácido acético presentaron los mejores rendimientos en masa de cuajada de soya, sin embargo, mediante el análisis de varianza se pudo constatar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos por lo que, se puede decir que se obtienen los mismos resultados al emplearlos.

Además, se realizó un análisis químico proximal a la leche de soya utilizada en la fase experimental (leche de soya con relación 1:7) y a las muestras obtenidas con los tratamientos E1 y E2 para determinar su contenido de proteína y grasa, los cuales indicaron que son alimentos altamente nutricionales que pueden aportar los elementos esenciales requeridos de proteína y grasa en una dieta básica.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada puesto que no existe diferencia estadística significativa entre los coagulantes ácido cítrico y ácido acético, con los mayores rendimientos en cuajada de soya.

Así es como esta investigación permitió determinar que el tratamiento E1, que corresponde a utilizar cuatro gramos de ácido cítrico por litro de leche de soya proporciona los mejores rendimientos en cuajada, por lo que se recomienda su empleo en la elaboración de queso de soya.

2. ABSTRACT

The research based on the evaluation of three dairy coagulants in soy cheese was carried out in two phases, the first phase consisted in the standardization of the process of making soy milk which would be used to evaluate yields and curd time in mass of soybean, which corresponded to the second phase of the investigation.

In the case of the standardization of the process of making soy milk, three soybean ratios were taken into account: water (1: 5, 1: 6 and 1: 7) that were evaluated by a pilot sensory test in which twenty-eight participated panelists, carried out in the Sensorial Evaluation Laboratory of the Food Engineering Course, of the University Center of the South West. It was determined in this way that as regards the sensory characteristics of color, odor and appearance, there was no significant difference between the mentioned relationships, however as regards the sensory characteristic of the flavor, there was a significant difference between the relationships, so that he proceeded to perform a test of Tukey between means, where it was determined that the most accepted relationship, with an average that corresponds to the hedonic scale of "I like moderately", was the ratio 1: 7, therefore, the procedure for making soy milk with this ratio.

The evaluation of the mass yield and time of soybean curd was carried out using three types of milk coagulants (lyophilized enzyme, citric acid and acetic acid), by means of five treatments or concentrations of said coagulants. Four repetitions were performed per treatment, which were analyzed by the experimental random block method with a significance level of 0.05 for a 95% probability.

In this way, it was possible to determine that the treatments E1 with citric acid and E2 with acetic acid presented the best mass yields of soybean curd; however, by means of the analysis of variance it was found that there is no significant difference between treatments by what can be said that the same results are obtained when using them.

In addition, a chemical analysis proximal to the soy milk used in the experimental phase (soy milk with a ratio of 1: 7) and the samples obtained with the treatments E1 and E2 were carried out to determine their protein and fat content, which indicated which are highly nutritional foods that can provide the essential elements of protein and fat required in a basic diet.

Therefore, the hypothesis is rejected because there is no significant statistical difference between the coagulants citric acid and acetic acid, with the highest yields in soybean curd.

This is how this research allowed us to determine that the E1 treatment, which corresponds to using four grams of citric acid per liter of soy milk, provides the best curd yield, so its use is recommended in the production of soy cheese.

3. INTRODUCCIÓN

El queso de soya o tofu como también se le puede llamar, es la cuajada que resulta de aplicar un coagulante a la leche de soya. Como producto derivado de la soya, es una fuente importante de proteínas, vitaminas, minerales y aminoácidos que benefician al organismo.

En la presente investigación se evaluaron tres coagulantes lácteos, tales como, cuajo (enzima liofilizada), ácido cítrico y ácido acético, en la elaboración de queso de soya y se determinó el rendimiento y tiempo de cuajada a diferentes concentraciones.

Se debe tomar en cuenta que para obtener una cuajada de soya de calidad es importante tener un control de la materia prima, controlar los tiempos de cuajada, controlar los tiempos en el proceso y la calidad del coagulante a emplear.

De este modo el trabajo cobró relevancia puesto que permitió obtener información acerca de los rendimientos y tiempos de cuajada a diferentes concentraciones con distintos coagulantes, para que pueda servir de modelo en la elaboración de quesos a base de leche de soya.

Con los resultados obtenidos de rendimientos se aplicó el método experimental de bloques al azar y mediante un análisis de varianza para un nivel de significancia de $\alpha=0.05$ y una probabilidad del 95% se determinó que no existe diferencia significativa entre los mayores rendimientos de cada tipo de coagulante empleado.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La coagulación de la leche de soya es una de las etapas fundamentales en la elaboración de queso de soya, pues los mayores rendimientos de cuajada están en función del tipo de coagulante, su concentración y el tiempo de coagulación, entre otros.

A nivel industrial, para obtener una cuajada de soya se emplean enzimas como la papaína, proteasas alcalinas y neutras de microorganismos u otros coagulantes específicos como sulfato de calcio y sales minerales como cloruro de magnesio y calcio; o bien, con glucono delta-lactona un ácido orgánico. Éstos resultan ser costosos y en cierto modo, fuera del alcance de un productor artesanal.

Actualmente se desconoce la aplicación de coagulantes lácteos como cuajo (enzima liofilizada), ácido cítrico y ácido acético, en la obtención de queso de soya, por lo que con la evaluación de dichos coagulantes lácteos se obtuvo información que puede servir para la elaboración de queso de soya.

Asimismo, como se mencionó anteriormente, un buen rendimiento de cuajada está en función del tipo, concentración y tiempo de coagulación, dichos factores también fueron evaluados en la presente investigación con la finalidad de brindar información sobre los coagulantes lácteos y su funcionalidad en leche de soya.

Partiendo de lo expuesto se planteó la siguiente problemática:

¿Cuál de los coagulantes como el cuajo (enzima liofilizada), ácido cítrico y ácido acético producirá mayor rendimiento de cuajada de queso de soya?

5. JUSTIFICACIÓN

El queso de soya, es un producto derivado de la leche de soya, al cual se le ha adicionado un coagulante y que luego de un proceso de moldeo y prensado se obtiene dicha cuajada de soya.

El queso de soya o tofu, está siendo muy estudiado debido a su bajo contenido calórico y a su alta concentración de lisina (aminoácido esencial), por su buena digestibilidad, vitaminas y minerales; contiene menos del 4% de grasa de los cuales el 80% son insaturados y está libre de colesterol; es rico en calcio, hierro, fósforo, sodio, potasio y vitaminas del grupo B.

Para la obtención de la cuajada de soya se hace necesario aplicar un coagulante específico o una combinación de coagulantes, como por ejemplo, sulfato de calcio y sales minerales, enzimas como la papaína, proteasas (alcalinas y neutras de microorganismos) que hacen que el proceso aumente en costos.

Derivado de lo anterior, en la presente investigación se evaluaron tres coagulantes lácteos en la elaboración de queso de soya o tofu, para determinar de esta manera si existe algún efecto positivo en la obtención de cuajada de soya aplicando cuajo (enzima liofilizada), ácido cítrico y ácido acético.

Además, se evaluó el tiempo de cuajada y el rendimiento en masa obtenido según diferentes concentraciones de coagulantes empleados, de esta manera, se pudo determinar el más efectivo en cuanto a mayores rendimientos. Cabe resaltar que el tiempo de cuajada, también es un aspecto importante dentro del proceso de elaboración de queso de soya.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. La soya

Badui (1,984), indica que la soya o soja (Glycine max) es una importante semilla perteneciente a la familia de las leguminosas, y por su elevado contenido de aceite, se incluye, junto con el cártamo, algodón, girasol, aceituna y el cacahuate, en las oleaginosas. En muchos países occidentales, esta semilla se utiliza para la extracción de aceite y el residuo o pasta, rico en proteína, se emplea para la alimentación animal; por otra parte, en el Oriente, la soya es fundamental en la dieta de un gran sector de la población.

La soya (Glycine max) es una planta anual de hasta 1.5 m de altura. Tallos rectos cubiertos de una espesa pilosidad de color marronáceo. Hojas alternas, trifoliadas con foliolos ovales. Los frutos son legumbres de hasta 7cm. de longitud con una o cuatro semillas en su interior. Estas presentan diferentes colores según la variedad que se trate (principalmente amarillo, negro o verde) (Martínez, 2,007).

Salunkhe (1,992) citado por Gómez (2,007) menciona que existen tres especies principales: *Glycine ussuriensis*- en estado natural, *Glycine max*- cultivada y *Glycine gracilis*- intermedia. Siendo *Glycine max* la más desarrollada en todo el mundo.

6.2. Composición química de la soya

6.2.1. Proteína

En base seca la soya contiene aproximadamente cuarenta por ciento de proteína, y es por eso que dentro de las leguminosas la soya es de las que tiene un contenido alto, ya que en otros granos el promedio se encuentra entre 20-30% de proteína. Los cereales tienen un contenido de proteína menor en un rango de 8-15% (Lehr A. , 2,009).

Según datos de la Asociación Americana de Soya (1,998), la proteína de soya contiene aminoácidos en suficiente cantidad como la lisina, histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina, tirosina, treonina, triptófano y valina, pero carece de aminoácidos sulfurados como la cistina y metionina.

En la siguiente tabla se muestran los aminoácidos esenciales en la proteína de soya en mg/ 1 g de Nitrógeno.

Tabla 1. ***Contenido* de aminoácidos esenciales en la soya (mg / 1 g de Nitrógeno)**

Aminoácido	**Soya**
Isoleucina	336
Leucina	482
Lisina	395
Fenilalanina	309
Tirosina	199
Cistina	111
Metionina	84
Treonina	246
Triptófano	86
Valina	328

Fuente: Asociación Americana de soya. Soya en productos lácteos (1,998).

- **Principales proteínas de la soya**

  - **Glycinin**: Gómez (2,007) se refiere a Glycinin como una proteína predominante del grano de soya, de ésta se deriva el nombre del género Glycine. Glycinin tiene una estructura cuaternaria que consiste en tres cadenas de ácidos polipéptidos con un peso molecular aproximado de 37,000. Las cadenas de polipéptidos son sostenidos con disulfuros y

enlaces de hidrógeno, los cuales son separados por urea, ácido fuerte, base fuerte o calor.

- **Hemaglutinina**: Gómez (2,007) indica que la hemaglutinina reacciona con carbohidratos específicos, se encuentra en los glóbulos grasos y es imprescindible en los procesos de coagulación de la sangre. Los tratamientos términos la destruyen e incrementan la disponibilidad de cistina y metionina.

6.2.2. Lípidos

El aceite de soya es rico en ácidos grasos poli-insaturados, es decir, que tiene un alto nivel de insaturación. Además, se destaca por su elevado contenido linoleico (51%), un ácido esencial que no produce el cuerpo humano. Aproximadamente el 1.5 al 2.5% de los lípidos presentes en la soya, se encuentra en forma de lecitina. Ésta tiene una función de emulsionante al incorporarse a formulaciones de alimentos (Ridner, 2,006).

Otro compuesto de interés en la fracción lipídica de la soya son los tocoferoles, los cuales actúan como antioxidantes naturales y tienen funciones de vitamina E. A escala industrial se utilizan para retardar la aparición de rancidez en alimentos ricos en grasas (Ridner, 2,006).

En la soya, el contenido de los lípidos es del 20% en base seca. Aproximadamente el 96 % del aceite crudo de soya está compuesto de triglicéridos. Más del 80 % de los ácidos grasos constituyentes del aceite de soya son insaturados, siendo los ácidos oleicos y linoleico los predominantes. La soya contiene de 7-9% de ácido linoleico triinsaturado y el aceite insaturado es benéfico para la salud, contrario a la grasa saturada (Portillo, 2,005).

El aceite de soya crudo contiene aproximadamente el 2% de fosfolípidos, también conocidas como gomas, y dentro de los cuales se encuentran la colina fosfátida, la etanolamina

fosfátida y el inositol fosfátido como los mayores componentes. Estos, al ser refinado el aceite, permiten obtener la lecitina (Portillo, 2,005).

6.2.3. Carbohidratos

Los hidratos de carbono de la soya se clasifican en solubles e insolubles. Los solubles son mayoritariamente oligosacáridos: rafinosa, estaquiosa y verbascosa; y polisacáridos solubles, que comprende la fibra soluble (principalmente pectinas). Los carbohidratos insolubles son hemicelulosa, celulosa, lignina, pectinas insolubles y otros polisacáridos no digeribles, por lo que constituyen la fibra dietaria insoluble de la soya (Ridner, 2,006)

Los frijoles de soya enteros tienen aproximadamente el 34% de carbohidratos de peso en base seca, que se encuentra libre de almidón. Los carbohidratos se dividen en fracciones solubles que comprenden el 10% del total que incluye azúcares no reducidos como sacarosa, rafinosa y estaquiosa y fracciones insolubles (Portillo, 2,005).

La rafinosa y la estaquiosa son oligosacáridos y debido a que los humanos no los metabolizan, la microflora intestinal los fermenta produciéndose el fenómeno de flatulencia (Portillo, 2,005).

- **Efectos prebióticos de la soya en el organismo**

Ridner (2,006), menciona en su libro Soya: propiedades nutricionales y su impacto en la salud, los siguientes efectos prebióticos de la soya en el organismo:

- Incrementa la población de bifidobacterias en el colon, lo cual contribuye a suprimir el efecto de las bacterias con actividad putrefacta.
- Disminuye los metabolitos tóxicos y enzimas perjudiciales para el organismo.
- Previene la diarrea patogénica y autógena por el mecanismo antagonista de bífidobacterias en el colon.

- Previene la constipación, por su producción de altos niveles de ácidos grasos de cadena corta.
- Tiene una función de protección hepática al reducir los metabolitos tóxicos.
- Reduce la presión sanguínea.
- Tiene efectos anticancerígenos.
- Produce nutrientes adecuados para el trofismo del colonocito (estímulo intestinal que provoca rápidamente la renovación de la mucosa), ya que aumenta la actividad de las bífidobacterias (también llamadas probióticos, pertenecen al grupo de bacterias ácidas, se encuentran en alimentos como el yogurt y el queso).

6.2.4. Minerales

Ridner (2,006) propone que la soya contiene una variedad importante de minerales como calcio, hierro, cobre, fósforo y zinc, que se refleja, a su vez, en un alto valor de cenizas (5 al 6%). Sin embargo la biodisponibilidad de estos micronutrientes se ve disminuida por la presencia de fitatos (que en este proceso actúan como antinutrientes). Esta desventaja se ve notablemente eliminada en alimentos de soya fermentados o fortificados con minerales.

La tabla que se presenta a continuación, muestra el contenido de minerales de la leche de soya y se compara con el contenido de minerales según la ingesta diaria recomendada (IDR).

Tabla 2. ***Comparación del contenido de minerales presentes en la leche de soya y los requerimientos de la ingesta diaria recomendada.***

Minerales	Leche de soya (mg/l)	Ingesta diaria recomendada (mg/día)
Calcio	500	100
Hierro	2	5.7
Fósforo	-	570

Fuente: http:/www.aces.uiuc.edu/mexsoy

6.2.5. Vitaminas

Ridner (2,006) indica que las vitaminas que componen la soya son, fundamentalmente: Tiamina (B1), Riboflavina (B2), Piridoxina (B6), Niacina, Ácido Pantoténico, Biotina, Ácido Fólico, β-caroteno (pro-vitamina A), Inositol, Colina y Ácido ascórbico (vitamina C).

Además Ridner (2,006) agrega que la harina integral de soya puede cubrir en humanos desde el 33 al 50% de las vitaminas del complejo B, si se ingiere una cantidad que aporte la mitad del requerimiento proteico que requiere el adulto. Es necesario tener en cuenta que el procesamiento por calor puede destruir parte de ellas.

Las vitaminas hidrosolubles como la tiamina, piridoxina y ácido fólico están presentes en proporciones mayores comparadas con las otras. Los tocoferoles en la soya son de particular importancia no sólo como parte de la actividad de la vitamina K, sino también por sus propiedades antioxidantes (Portillo, 2,005)

Tabla 3. ***Comparación del contenido de vitaminas presentes en la leche de soya y los requerimientos de la ingesta diaria recomendada.***

Vitamina	**Leche de soya (mg/día)**	**Ingesta diaria recomendada (mg/día)**
A	50 I.U	0.8
B1	0.6	1.2
B2	0.5	1.8
B12	0	0.05
Niacina	5	15
C	5	70
D	0	0.002

Fuente: Portillo, 2,005, página 12.

6.3. Factores que afectan la calidad de la soya

Badui (1,993) en su libro de Química de los Alimentos, menciona que la soya, al igual que muchos otros tejidos, produce metabolitos propios de su sistema, que en ocasiones pueden ser muy dañinos para el hombre, debido a que estos presentan problemas de inhibición de crecimiento, reducción de digestibilidad de la proteína y de la disponibilidad de los aminoácidos, vitaminas y minerales, estos efectos se relacionan directamente con estos factores que afectan la calidad de esta leguminosa, que deben eliminarse con un tratamiento térmico, con un calentamiento excesivo que trae consigo cambios muy dañinos en la proteína, que se reflejan en una reducción de la relación de eficiencia proteínica, es decir, se requiere optimizar las condiciones de tiempo- temperatura para eliminar dichos factores y conservar al máximo el valor nutricional.

Badui (1,993) menciona algunos factores que afectan la calidad de la soya, estos son:

- **Inhibidores de Tripsina:** Snyder y Kwon (1,987) indican que el inhibidor de tripsina, es una enzima proteolítica que participa junto con otras enzimas en la digestión de las proteínas en el cuerpo humano.
- **Lipoxigenasa:** (linoleate: oxidoreductasa); Gómez (2,007) menciona que la lipoxigenasa cataliza la formación de hidroperoxidasa de ácidos grasos poliinsaturados. La degradación de hidroperoxidasa causa inaceptables cambios en el sabor, (SESSA, 1,979). Es encontrada en una gran variedad de plantas, particularmente en legumbres. Destruye los ácidos grasos esenciales (linoleico, linolénico y araquidónico) dando un sabor característico en los productos de soya.

6.4. Productos derivados de la soya

Gómez (2,007), menciona que los productos derivados de la soya se pueden clasificar en fermentados y no fermentados. Algunos no fermentados son: granos frescos de soya, polvo de

soya, leche y tofu. Entre los productos fermentados se encuentran: sufu, pasta de soya, salsa de soya y tempeh.

6.4.1. Leche de soya

Gómez (2,007) indica que la leche de soya toma un papel importante debido a que el 50% de la población adulta en países como Asia, Europa y América Latina, son intolerantes a la lactosa. Por ésta razón se limita el consumo de leche de vaca, lo cual ha traído como consecuencia buscar alternativas para adquirir las proteínas y otros nutrientes presentes en ésta.

La Asociación Americana de Soya recomienda que todos los productos de leche de soya sean sometidos a un tratamiento térmico adecuado antes de su venta. Algunas prácticas de manufactura incluyen: cocción completa de frijol de soya, suspensión acuosa; procesamiento de la soya con equipo sanitario, tratamiento térmico adecuado, rápido enfriamiento a una temperatura menor de 40°F (4.4°C).

6.4.1.1. Requerimientos microbiológicos de la leche de soya

Según la Asociación Americana de Soya, los productos de leche de soya deben estar ausentes de:

- *Staphilococcus aureus, Salmonella, Escherichia coli enteropatógena, Vibrio parahemolyticus, Listeria monocytogenes y Campilobacter jejuni.*
- *Yersinia enterolítica.*
- *La cuenta estándar final no debe exceder de 200,000 UFC/ml*
- *Ausencia de coliformes en muestra de 1.0 ml.*

6.4.1.2. Composición química de la leche de soya

A continuación se presenta una tabla de la composición química de la leche de soya con una relación soya:agua de 1:5.

Tabla 4. ***Composición de la leche de soya con una relación de soya:agua de 1:5 en g/100g.***

Composición	Leche de soya
Agua	92
Proteínas	4
Materia grasa	1.5
Azúcares	2
Cenizas	0.5

Fuente: LUN (1996) y FÉNNEMA (1993), reportados por MEJIAS (1998)

Dentro de las principales características indeseables que se encuentran en la leche de vaca se pueden mencionar: amarga, cocinada, fermentada con sabor a fruta, insípida, rara, falta de frescura, oxidante, rancia, salada e insalubre. Mientras que en la leche de soya se pueden encontrar a veces las mismas características indeseables, pero principalmente se encuentran: el sabor a cereal, la astringencia, su viscosidad, el color no tan blanco (Lehr A. , 2,009).

6.4.1.3. Clasificación de la leche de soya

Según la FAO, en su publicación sobre “Leche de Soya y productos relacionados”, se pueden clasificar las leches de soya comerciales y productos relacionados, según su composición, como sigue:

- Normal (o tradicional) leche de soya: Hecho por la extracción con agua de la soya integral, utilizando gramos a la proporción de agua 1:5. Contiene proteína de aproximadamente 4%.

- Dairy, tipo de leche de soya: Formulado con el fin de tener una composición más o menos similar a la leche de vaca. Tiene una relación de soya:agua de 1:7. El contenido de proteína es de 3.5%. ligeramente edulcorada, contiene aceite añadido, sal. Puede contener una imitación de sabor a la leche de vaca.

- Las bebidas de soya: las bebidas endulzadas y con sabor, que contienen proteína de aproximadamente 1%. Tiene una relación de soya:agua de 1:20.

- Productos cultivados: cualquier tipo anterior después de la fermentación láctica o la acidificación con ácido láctico.

- Blends: mezclas de leche de soya y otras leches vegetales o lácteos.

6.4.1.4. Proceso de elaboración de la leche de soya

De manera general, se puede decir que la leche de soya se prepara remojando los frijoles de soya de 10 a 12 horas, seguido de un molido húmedo, filtración y ebullición, tal como se muestra en el diagrama del Anexo 5 (página 74).

Se debe tomar en cuenta que los granos de soya de baja calidad afectan en la composición química, propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la leche de soya.

La recuperación del contenido proteínico es aproximadamente de 70 a 80% y el porcentaje de sólidos recuperados es de 55 a 65, sin embargo estos valores varían dependiendo de las etapas previas a la elaboración así como del procesamiento que es el siguiente:

- **Limpieza**

  La soya debe ser limpiada con el objetivo de remover los materiales extraños, como piedras, hierbas, hojas, metales, entre otros. En la limpieza del grano se pueden utilizar sanitizantes, como los extractos cítricos.

- **Lavado**

  La muestra a preparar de soya se debe lavar con agua limpia para eliminar el polvo y la suciedad.

  Este procedimiento debe ser rápido e inmediatamente después debe realizarse el procedimiento de remojo del grano.

- **Remojo y escaldado**

  La soya se deja en remojo alcalino durante 10 horas con una solución de bicarbonato de sodio al 0.5% en peso. Luego de pasado el tiempo de remojo se debe escaldar la soya con agua hirviendo para inhibir la lipoxigenasa y sabor afrijolado. El tiempo de mantenimiento para el tratamiento térmico de las semillas de soya para inactivar las enzimas no deseadas. Esto disminuirá la desnaturalización de proteínas y oscurecimiento de la leche de soya.

- **Escurrir y descascarillar**

  Una vez terminado el proceso anterior, la soya deberá descascarillarse y escurrirse para su posterior molienda. La cascarilla de soya contiene sustancias no deseados. Las bacterias del suelo están presentes en las cáscaras de soya. Por lo tanto, los cascos deben ser retirados para reducir el número de bacterias en la leche de soya, lo que a su vez da resultado en el producto con un mejor sabor y vida útil. Además la cascarilla de soya contiene polisacáridos que deben eliminarse para evitar malos sabores y problemas de procesamiento causados por la formación de espuma.

- **Molienda**

  Posteriormente se muele el grano en una licuadora de uso doméstico con la mayor velocidad agregando el agua según la relación soya/agua que se trabaje. En esta etapa se usará agua caliente de manera que la lechada resultante nunca baje de los 80°C.

- **Filtrado**

  Se pasa el producto por una manta para filtrar y separar el líquido de la fibra u okara.

- **Cocción**

  Por último, se cuece la lechada durante 10 a 15 minutos a una temperatura de 100 ó 106 °C, para eliminar inhibidores de tripsina, reducir la viscosidad y destruir microorganismos que puedan afectar el producto final.

  La cocción adecuada es vital para asegurarse de tener una alta recuperación de proteína y lograr la desactivación de los inhibidores de tripsina de la soya.

6.4.2. Tofu

El tofu es el queso de soya elaborado a base de la leche de soya, aplicando un tipo de coagulante, como sales de calcio, magnesio o procesos de acidificación.

Existen variantes de la técnica básica de elaboración de tofu fresco, pero los principios esenciales siempre son los mismos, tal como:

- La preparación de la leche de soya
- La coagulación de las proteínas
- La formación de tofu en un molde mediante prensado

Chumchuere, Macdoguall, & Robinson (2,000) proponen que alrededor del 90% de la proteína de soya es consumida en forma de tofu. Sin embargo, a causa de un alto contenido de humedad (90-94%), el quesillo de soya es propenso a desecharse, siendo por ello generalmente preparado y consumido diariamente.

Lim et al. (1,990), indican que el tofu es generalmente elaborado desde un filtrado extrayendo agua de todas las semillas de soya llamado leche de soya. La cuajada es obtenida por coagulación de leche de soya caliente con un coagulante, seguido de un moldeo y presión para remover el suero. Además, la textura del tofu debe ser coherente (cohesiva), suave y firme pero no dura y elástica (como la goma).

Por su parte Cai y Chang (1,999), señalan que el quesillo de soya es un producto altamente nutricional y es preparado tradicionalmente por coagulación de leche de soya caliente con un coagulante, seguido de un moldeo y prensado a una textura deseada. La elaboración de este producto es una compleja interacción de muchos factores. Estos factores incluyen características intrínsecas de la soya (composición química) y condiciones de procesamientos (elaboración).

Cuando la leche de soya está altamente concentrada o densa se coagulará fuertemente produciendo un tofu suave. Si presenta una baja densidad la coagulación no es tan fuerte. La cantidad correcta de coagulante y la proporción adecuada son factores importantes y necesarios para obtener un buen cuajo (Cocio, 2,006).

Skurray *et al.* (1,980) y Wang *et al.* (1,983), citados por Cocio (2,006), sugieren que la variedad de la semilla de soya utilizada puede afectar la calidad del tofu y esto es considerado debido a las diferencias en el contenido de proteínas. Estos autores estudiaron el efecto que tenían sobre el rendimiento del queso de soya cinco variedades de semillas de USA y Japón sembradas bajo similares condiciones de medio ambiente. Según los resultados obtenidos, ellos concluyeron que el tofu preparado desde las diferentes variedades de semillas mostró diferencias significativas en el rendimiento natural. Sin embargo, informaron que no había correlación significativa entre el contenido de proteína de la semilla de soya y el rendimiento del tofu.

Por otro lado Murphy *et al.* (1,997), citados por Cai y Chang (1,999), demostraron que no existían correlaciones entre el contenido de proteína y el rendimiento, reportando que el

contenido de proteína de la soya se correlaciona negativamente con la dureza y la fracturabilidad del quesillo de leche de soya.

Cai y Chang (1,999), señalan que dentro de las proteínas globulinas que contiene la soya se encuentran Glicinin y β - Conglicinin que constituyen alrededor del 58 al 78% de las proteínas extraíbles y el 22,4% al 32,8% del total de los sólidos del grano de soya.

6.4.2.1. Composición química del tofu

Los nutrientes principales presentes se describen en la siguiente tabla. Donde se observa que los valores de los nutrimentos, presentan diferencias debido a la variedad de tofu, por ejemplo el contenido de proteínas en el firme es mayor que el contenido de proteínas en el regular, puesto que el tofu firme es mucho más compacto y duro.

Tabla 5. ***Composición química del tofu en 100 g de soya***

Nutrimento	Unidad	Tofu regular	Tofu firme
Humedad	G	84.55	69.83
Calorías	Kcal	76	145
Proteína (N.5.71)	G	8.08	15.78
Grasa	G	4.78	8.72
Carbohidratos totales	G	1.88	4.28
Cenizas	G	0.72	1.40

Fuente: (Gómez, 2007)

Tabla 6. ***Composición química del tofu***

Nutrimentos en cuatro onzas	**Tofu firme preparado con sulfato de calcio y cloruro de magnesio**	**Tofu blanco preparado con sulfato de calcio y cloruro de calcio**
Calorías	79	69
Proteína (g)	9.25	7.4
Carbohidratos (g)	1.91	2.03
Grasa (g)	4.71	4.17
Grasa saturada (g)	0.975	0.602
Colesterol	0	0
Sodio	14	9
Fibra (g)	1	0.2
Calcio (g)	227	125
Hierro (g)	1.82	1.25

Fuente: (Gómez, 2007)

6.4.2.2. Clasificación del tofu

Para Braverman (2,014) el tofu puede clasificarse de acuerdo a su contenido proteínico en:

a) El tofu suave contiene de 5 a 7.9 % de contenido proteínico.
b) El tofu regular contiene de 8 a 10% de contenido proteínico.
c) El tofu firme contiene de 11 a 19% de contenido proteínico.

Braverman expone que el rendimiento promedio de la producción de tofu puede ser:

a) Tofu suave de 5 a 6 veces el peso de frijol de soya crudo.
b) Tofu regular de 3 a 4 veces el peso del frijol de soya crudo.
c) Tofu firme de 1 a 1.5 veces el peso de frijol de soya crudo.

6.4.2.3. Proceso de elaboración del tofu

Hay diversas formas de preparación o elaboración del tofu, sin embargo las bases son las siguientes: preparación de la leche de soya, coagulación de la leche para formar cuajadas y la formación de tofu en un molde.

A continuación se describen cada una de las etapas del proceso de elaboración del queso de soya y además se puede ver un resumen en un diagrama del proceso en el Anexo 6 (página 77).

a) **Obtención de la leche de soya**

Para la preparación del tofu, se debe tener una base de leche de soya, el procedimiento para obtenerla se describió en el apartado 6.4.1.4.

b) **Coagulación**

La coagulación de la leche de soya es uno de los procesos importantes para el buen rendimiento de cuajada de soya. Debe tomarse en cuenta que la lechada debe mantenerse en 70 – 85 °C. En la presente investigación, se evaluará la acción de tres tipos de coagulantes lácteos, como cuajo, ácido cítrico y ácido acético. Toda la fase de coagulación puede durar de 10 a 30 minutos, dependiendo de la temperatura de la leche de soya; de la velocidad de agitación; del tipo de coagulante y de la consistencia que se desee obtener en la cuajada.

c) **Desuerado y moldeado**

El suero que se encuentra en la parte superior es retirado; esto se hace normalmente presionando la cuajada y retirando poco a poco el líquido o suero. Cuando se haya retirado una cierta cantidad de suero, las cuajadas deberán colocarse en moldes o recipientes cubiertos con una tela especial. Se debe aplicar peso para eliminar al máximo cualquier suero residual.

d) **Baño de agua fría y almacenado**

Luego de aplicada la presión, el tofu se saca del molde o caja especial para tal efecto, y se colocará en agua fría, así se podrá eliminar el suero residual que pudiese haber quedado. La inmersión en agua fría hará que la temperatura del tofu descienda rápidamente. El baño de agua fría también contribuye a prolongar el tiempo de almacenamiento del tofu. Los tiempos promedio de enfriamiento son de 60 a 120 minutos. Luego de esto el tofu puede envasarse y refrigerarse inmediatamente. El tofu empacado de esta manera puede tener un período de almacenamiento de 1 a 2 semanas, a una temperatura de 1 a 3 °C.

6.5. Agentes coagulantes en la elaboración de queso de soya o tofu.

Liu y Chang (2,003) citados por Cocio (2,006), mencionan que los coagulantes utilizados en la elaboración de queso de leche de soya son clasificados dentro de dos grupos, uno es coagulante de actividad lenta como es el sulfato de calcio ($CaSO_4$) y GDL (Glucono-delta-lactone), y los otros son los coagulantes de rápida actividad, tales como cloruro de magnesio ($MgCl_2$) y cloruro de calcio ($CaCl_2$).

La coagulación de la leche se puede efectuar aplicando cuajo o bien por ácidos.

6.5.1. El cuajo (enzima liofilizada)

El cuajo, como comúnmente se conoce, puede presentarse de manera natural y sintética. El cuajo natural es una sustancia presente en el abomaso de los mamíferos rumiantes, contiene principalmente la enzima llamada renina, se le conoce también como quimosina, utilizada en la fabricación de quesos cuya función es separar la caseína (el 80% aproximadamente del total de proteínas) de su fase líquida (agua, proteínas del lactosuero y carbohidratos), llamado suero (Zea Mera, 2,010).

El cuajo como enzima liofilizada puede presentarse en pastillas y es quimosina obtenida a partir de procedimientos de síntesis química sin usar el estómago de los terneros como materia prima.

Zea Mera (2,010), además cita que la quimosina es bien conocida por la industria láctea. Actúa directamente en un punto delimitado de la caseína con calcio. La efectividad del cuajo está en función de la temperatura, la concentración del sustrato (la leche), concentración de calcio y la acidez. Las temperaturas usuales de coagulación pueden variar entre los 28°C y los 41°C, aunque lo más usual es una de 35°C

6.5.1.1. Propiedades del cuajo (enzima liofilizada)

Ramírez (2,000) menciona que la propiedad más importante del cuajo es la de coagular la leche, por lo que es muy empleado en la industria para la fabricación de quesos. La coagulación es la separación del caseinato de calcio, a consecuencia de un desequilibrio entre los componentes de la leche y su precipitación.

Para que la coagulación sea exitosa, se deben tomar en cuenta ciertos factores, tales como:

- Temperatura de la leche
- Cantidad de cuajo
- Acidez de la leche
- Reacción de la leche
- Contenido de fosfatos de calcio en la leche
- Cantidad de proteínas solubles en la leche
- Modificación de las sales de la leche por el calentamiento y agregación de éstas.

6.5.1.2. Tipos de presentaciones del cuajo

- **Cuajo líquido**

El cuajo líquido en realidad es una solución salina, donde se conserva mejor el fermento (quimosina) conocido vulgarmente como cuajo. La sal empleada es el cloruro de sodio o sal común. Esta sal obra como preservativo y facilita su acción coagulante (Ramírez, 2,000).

- **Cuajo en polvo**

El cuajo en polvo tiene un color amarillento, debe ser soluble y no dejar residuos, y estar muy seco. Esta clase de cuajo es más rico en fermentos que el líquido, y por este motivo está indicado para los quesos de pasta dura o maduración (Ramírez, 2,000).

6.5.2. Ácido cítrico

El ácido cítrico es un ácido orgánico tricarboxílico que está presente en la mayoría de las frutas, sobre todo en cítricos como el limón y la naranja. Su fórmula química es $C_6H_8O_7$. Es un buen conservante y antioxidante natural que se añade industrialmente como aditivo en el envasado de muchos alimentos como las conservas de vegetales enlatados (Zea Mera, 2,010).

6.5.2.1. Propiedades

El portal de QuimiNet (2,013) menciona que la acidez del ácido cítrico es debida a los tres grupos carboxilos –COOH que pueden perder un protón en las soluciones. Si sucede esto, se produce un ion citrato. Los citratos son unos buenos controladores del pH de soluciones ácidas. Los iones citrato forman sales llamadas citratos con muchos iones metálicos.

Asimismo menciona que el ácido cítrico es un polvo cristalino blanco. Puede existir en una forma anhidra (sin agua), o como monohidrato que contenga una molécula de agua por

cada molécula de ácido cítrico. La forma anhidra se cristaliza en agua caliente, mientras que la forma monohidrato se cristaliza en agua fría. El monohidrato se puede convertir en la forma anhidra calentándolo sobre 74°C.

Químicamente, el ácido cítrico comparte las características de otros ácidos carboxílicos. Cuando se calienta a más de 175°C, se descompone produciendo dióxido de carbono y agua y luego aparentemente desaparece.

6.5.2.2. Usos y aplicaciones del ácido cítrico

En el portal web de QuimiNet (2013) se indican algunos usos y aplicaciones que se le atribuyen al ácido cítrico en la industria, que son:

- Tiene un campo amplio de utilización en la industria alimentaria
- Ideal para utilizar en la industria de bebidas.
- Imparte un sabor agrio y refrescante
- Su uso primario es como acidulante
- Puede aplicarse como coagulante de la leche

6.5.3. Ácido acético

En el portal web de EcuRed (2,002) menciona que el ácido acético, también llamado ácido etanoico o ácido metilencarboxílico, es un ácido orgánico de dos átomos de carbono, se puede encontrar en forma de ion acetato. Su fórmula es CH_3-COOH ($C_2H_4O_2$), siendo el grupo carboxilo el que le confiere las propiedades ácidas a la molécula.

Éste es un ácido que se encuentra en el vinagre, siendo el principal responsable de su sabor y olor agrios.

6.6. Variables en la manufactura del tofu

Se debe tomar en cuenta que si se quiere elaborar un tofu o cuajada de soya de alta calidad, se deben emplear frijoles de soya de buena calidad. Algunas especificaciones de los frijoles de soya a tomar en cuenta son (Cerdán & Rosell, 2,002):

- Tamaño de semilla: Mediana a grande
- Grado de limpieza: Muy minuciosa
- Color: Blanco/amarillo
- Semilla: Delgada, firme
- Contenido de proteína: Alto, alto Índice de Solubilidad del Nitrógeno (ISN)
- Contenido de aceite: Bajo

Las diferentes variedades de frijol de soya afectan altamente la calidad del tofu. Esto se basa principalmente en el contenido de proteína relacionado directamente con la textura final del producto. La variedad de frijol de soya y el método de procesamiento influyen sobre la textura, color y sabor del tofu (Cerdán & Rosell, 2,002).

6.7. Variables en el proceso de elaboración de queso de soya o tofu

(Cerdán & Rosell, 2,002) indican que la producción de un tofu de alta calidad depende de muchos factores, las variables en su preparación se pueden categorizar en tres fases:

6.7.1. Maceración y extracción

La relación frijol/agua ha demostrado ser crítica para la producción óptima y de calidad del tofu.

En la presente investigación se realizó una comparación en el rendimiento de cuajada de soya, aplicando tres diferentes coagulantes a diferentes concentraciones, para establecer el tiempo de cuajada y su rendimiento.

6.7.2. Filtración y calentamiento

Se ha observado mejor producción cuando el líquido se filtra antes del calentamiento. La temperatura de la leche de soya con la adición del coagulante y la forma en que se mezcla afectan la producción en cantidad y la textura. Sin embargo, cuando la temperatura es demasiado baja la coagulación es incompleta y el tofu se vuelve frágil y con poco cuerpo.

La temperatura óptima de coagulación es entre 75 – 80°C. Cuando la temperatura se incrementa, el peso bruto y el contenido de humedad del cuajo disminuyen, y la dureza se incrementa. Un incremento en el tiempo de la mezcla disminuye el volumen del tofu incrementa su dureza.

6.7.3. Pasos de la coagulación

Esto es más significativo en términos de producción y textura del tofu. Cuando la leche de soya está altamente concentrada o densa se coagulará fuertemente produciendo un tofu suave. Cuando la densidad es baja la coagulación no es tan fuerte. La cantidad correcta de coagulante y la proporción adecuada son factores importantes y necesarios para obtener un buen cuajo. El pH ideal de la leche de soya es de 6.0. Las proteínas se empiezan a coagular cuando el pH está en 6.0, por lo tanto, la adición de coagulantes se debe detener cuando el pH alcanza este valor.

6.8. Factores que afectan la calidad del tofu

(Cerdán & Rosell, 2,002), mencionan algunos factores que tienen una gran influencia en la calidad del tofu o cuajada de soya, siendo éstos:

a) Variedad del frijol de soya
b) Grado de calidad
c) Porcentaje de sólidos en la leche de soya
d) Equipo utilizado para el proceso

e) Relación o proporción frijol/agua
f) Procesamiento térmico
g) Tipo y concentración del coagulante utilizado
h) Proceso de coagulación
i) Temperatura y pH
j) Forma de mezclar los coagulantes
k) Presión aplicada para remover el suero
l) Dureza del agua

6.9. Análisis Proximal

El análisis proximal juega un papel importante en los requerimientos de calidad de los alimentos, así como en la industria. Algunos métodos y técnicas pueden variar de acuerdo al tipo de alimento que se está analizando. Algunos análisis de los alimentos que son parte del análisis proximal son: contenido de humedad, contenido de proteína, contenido de grasa o extracto etéreo, cenizas, entre otros.

6.10. Evaluación Sensorial

El análisis sensorial de un alimento consiste en evaluar sus propiedades organolépticas, es decir, todo lo que se puede percibir por medio de los sentidos y determinar de este modo la aceptación por el consumidor (Lehr, 2,009).

6.10.1. Aplicaciones de una evaluación sensorial

Algunas aplicaciones que tiene una evaluación sensorial son:

- Control de calidad de materias primas
- Control de calidad de productos finales
- Desarrollo y lanzamiento de nuevos productos
- Preferencias del consumidor

- Investigación de factores que influyen en el olor y el aroma de alimentos
- Pruebas de mercado

6.10.2. Tipos de análisis sensorial

Se pueden dividir en tres grandes grupos: las pruebas discriminativas, descriptivas y del consumidor.

- Pruebas discriminativas: en las pruebas discriminativas no interesa conocer la sensación que produce un alimento sino determinar si hay diferencia entre dos o más muestras y generalmente no se interesa ni en cuantificar ni a identificar esas diferencias. Si el resultado es positivo indica que se puede continuar con otros tipos de pruebas. Generalmente se trabaja con 10 a 11 jueces pero lo óptimo son 20. Las más conocidas son la comparación por pares, la prueba triangular y la prueba dúo-trío (Avagnina, 2,007).
- Pruebas descriptivas: en las pruebas descriptivas no interesan las diferencias globales entre las muestras sino la naturaleza de esa diferencia y se aplica cuando las diferencias son netamente perceptibles. Se pueden dividir en: pruebas descriptivas de un solo atributo sensorial, pruebas descriptivas con evaluación de varios datos sensoriales (Avagnina, 2,007).
- Test del consumidor: también llamado test hedónico, se trabaja con evaluadores no entrenados, y la pregunta es si les agrada o no el producto. El consumidor debe actuar como tal (Lehr A. , 2,009).

6.10.3. Pruebas Hedónicas

El término hedónico proviene del griego *hedond*, que significa placer, y hace referencia a la atracción subjetiva del individuo por el producto a evaluar. En consecuencia el objetivo de una prueba hedónica es obtener una respuesta personal, ya sea de aceptación o de preferencia, de un consumidor potencial o real, sobre un producto concreto, una idea o proyecto de producto o simplemente una característica específica del mismo (Lehr A. , 2,009).

Con un test hedónico se busca conocer el tipo de comportamiento de un consumidor determinado frente a un producto concreto, por ejemplo:

- Frecuencia de consumo del alimento
- Cantidades en que se consume
- El uso asociado con otros productos
- El producto es crudo o cocinado
- Homogeneidad del producto
- Si se mastica o se disuelve en la boca

6.11. Método Estadístico de Bloques al Azar

Para verificar el rendimiento de cada uno de los coagulantes y las relaciones a emplear en la presente investigación, se tomará en cuenta el diseño experimental de bloques al azar.

6.11.1. Promedio de una muestra

La media aritmética, conocida también como promedio, es equivalente a la sumatoria de todos y cada uno de sus valores y dividida entre el número total de muestras. Se representa como la cantidad total de la variable, distribuida en partes iguales entre cada observación.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i}{n} = \frac{a_i + \cdots + a_n}{n}$$

6.11.2. Análisis de varianza

Para la evaluación del rendimiento de tres coagulantes lácteos en leche de soya elaborada a partir de tres diferentes relaciones de soya/agua se utilizó como variable dependiente el rendimiento en cuanto al queso o cuajada de soya obtenida.

El análisis estadístico de los datos se realizará por medio de un análisis de varianza, utilizando bloques al azar, quedando los datos arreglados como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7. ***Datos para el diseño de bloques al azar***

	Bloques			
Tratamiento	**1**	**2**	**3**	**Promedio**
1	Y1,1	Y1,2	Y1,3	Y1prom
2	Y2,1	Y2,2	Y2,3	Y2prom
3	Y3,1	Y3,2	Y3,3	Y3prom
…	…	…	…	…
…	…	…	…	…
10	Y10,1	Y10,2	Y10,3	Y10prom
Promedio	Y1prom	Y2prom	Y3prom	Y

Fuente: (Walpole, Probabilidad y estadística para ingenieros, 1999). Página 464

Dónde:

Yi,j = total de las observaciones bajo el i,j-ésimo tratamiento

Y = promedio total de las observaciones bajo el i,j-ésimo tratamiento

Ya,b = datos obtenidos para cada observación bajo cada tratamiento

Generalmente el procedimiento para un diseño de bloque aleatorio consiste en seleccionar b bloques y en ejecutar una repetición completa del experimento en cada bloque, con un solo factor con a niveles. Las observaciones pueden representarse por medio de un modelo estadístico lineal.

$$i = 1,2,\ldots, a$$

$$yij = \mu + Ti + \beta j + Єij$$

$$j = 1,2,\ldots, b$$

Dónde:

yij = observación

μ = media general

Ti = efecto del tratamiento iésimo

Bj = efecto del bloque iésimo

Єij = error aleatorio

Los efectos de bloque y tratamiento se definen como desviaciones respecto a la media general. Como el interés es probar la igualdad de los efectos del tratamiento, siendo:

$$H_0: T1 = T2 = \cdots = Ta = 0$$
$$H1: Ti \neq 0 \; al\ menos\ una\ i$$

Tabla 8. ***Análisis de varianza para el experimento de bloques al azar***

Fuente de variación	**Suma de cuadrados**	**Grados de libertad**	**Cuadrados medio**	**F calculada**
Tratamiento	$\sum_{i=1}^{a} yi^2./b - y^2 .../ab$	a – 1	$\frac{(ss_{tratamientos})}{(a-1)}$	$\frac{(Ms_{tratamientos})}{(MS_{Error})}$
Bloques	$\sum_{j=1}^{b} yj^2./a - y^2 .../ab$	b – 1	$\frac{(ss_{bloques})}{(b-1)}$	
Error	SS_E(por sustracción)	(a – 1) (b – 1)	$\frac{(ss_{Error})}{(a-1)(b-1)}$	
Total	$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} yij^2 - y^2 .../ab$	ab – 1		

Fuente: (Walpole, 1999). Página 468.

6.11.3. Prueba de Tukey

La prueba de Tukey está basada en los valores medios significativos obtenidos en una investigación, comparados con un valor DMS (diferencia media significativa) obtenido mediante los resultados del cuadrado medio del error, el total de observaciones y los valores críticos de la prueba de Tukey (Qα).

Diferencia Media Significativa (DMS):

$$DMS = Q\alpha * E.E. = Q\alpha * \sqrt{\frac{CMerror}{n}}$$

Dónde:

$Q\alpha =$ Valor crítico de la prueba de Tukey

$CMerror$ = cuadrado medio del error

n = número de datos

Comparación de medias según la prueba de Tukey

Tratamientos	X1	X2	X3	X4	X5
X1	X1-X1				
X2	X2-X1	X2-X2			
X3	X3-X1	X3-X2	X3-X3		
X4	X4-X1	X4-X2	X4-X3	X4-X4	
X5	X5-X1	X5-X2	X5-X3	X5-X4	X5-X5

Fuente: elaboración propia, 2017

Criterio de comparación:

Si DMS > diferencias, entonces, No hay diferencia significativa entre medias.

Si DMS < diferencias, entonces, Sí hay diferencia significativa entre medias.

7. OBJETIVOS

General

Evaluar el rendimiento y tiempo de cuajada de tres coagulantes lácteos en queso de soya.

Específicos

1. Estandarizar el proceso de elaboración de leche de soya preparada en el departamento de Suchitepéquez y determinar su contenido de proteína y grasa.

2. Evaluar el tiempo de cuajada y el rendimiento en masa según las diferentes concentraciones de los coagulantes lácteos a emplear.

3. Determinar cuál de los coagulantes provee mayor rendimiento en masa de queso de soya.

4. Evaluar el contenido de proteína y grasa presentes en los quesos de soya seleccionados con los mayores rendimientos por cada tipo de coagulante empleado, mediante un análisis proximal.

8. HIPÓTESIS

El coagulante que presenta mayor rendimiento en la cuajada de queso de soya es el ácido cítrico.

9. RECURSOS

9.1. Humanos

- Investigador: T.U. Sindy Fernanda Waleska Ortíz Sosa
- Asesores: M.V. Edgar Roberto del Cid Chacón
  Q.B. Gladys Floriselda Calderón Castilla
- Personal del laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Panelistas invitados a la Evaluación Sensorial

9.2. Físicos

- Planta Piloto de la Carrera de Ingeniería en Alimentos
- Laboratorio de Evaluación Sensorial de la Carrera de Ingeniería en Alimentos
- Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala
- Biblioteca del Centro Universitario de Suroccidente

9.3. Institucionales

- Centro Universitario de Suroccidente, CUNSUROC, Mazatenango, Suchitepéquez
- Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus Central Universidad de San Carlos

9.4. Económicos

Los gastos contemplados para la investigación fueron costeados por la estudiante a cargo.

9.5. Recursos materiales disponibles

9.5.1. Materiales disponibles para la elaboración de la leche de soya

- Semillas de soya
- Agua purificada
- Bicarbonato de sodio

9.5.2. Materiales disponibles para la elaboración de queso de soya

- Leche de soya
- Coagulantes: cuajo, ácido cítrico y ácido acético
- Cloruro de calcio
- Agua desmineralizada

9.5.3. Equipo

- Balanza analítica
- Ollas de acero inoxidable
- Estufa industrial
- Licuadora
- Tela para filtrar
- Cronómetro
- Refrigeradora

9.5.4. Cristalería y materiales

- Beacker de 200 ml
- Termómetro
- Recipientes para muestras
- Recipientes para transporte de muestras

10. MARCO OPERATIVO

10.1. Técnicas de investigación

Las técnicas de investigación utilizadas en la investigación fueron: la experimentación y el análisis estadístico.

10.2. Delimitación del campo de estudio

La delimitación del campo de estudio de la presente investigación se describe en la siguiente tabla.

Tabla 9. ***Descripción de la delimitación y campo de estudio***

Pregrado	Ingeniería en Alimentos
Área o industria de aplicación de conocimientos	Industria Alimentaria
Ubicación	Mazatenango, Suchitepéquez.
Orientación	Análisis técnico-científico de datos de rendimientos obtenidos mediante la elaboración de queso de soya aplicando tres diferentes tipos de coagulantes lácteos.
Selección de muestra	Las muestras de rendimientos de queso de soya, fueron evaluadas por medio de la aplicación de diferentes concentraciones de tres coagulantes lácteos a la leche de soya obtenida mediante estandarización del procedimiento.

Fuente: elaboración propia, 2017.

10.3. Localización del experimento

El trabajo de investigación fue realizado en el departamento de Suchitepéquez, en donde se llevó a cabo la elaboración de la leche de soya, con la cual se llevaron a cabo las pruebas de

rendimientos con tres diferentes coagulantes lácteos [cuajo (enzima liofilizada), ácido cítrico y ácido acético].

La leche de soya se obtuvo mediante tres diferentes procedimientos, logrando estandarizar un solo procedimiento mediante un panel piloto y un análisis del contenido de proteína y grasa en la leche.

Las muestras de queso se realizaron en la Planta Piloto de la Carrera de Ingeniería en Alimentos del Centro Universitario de Suroccidente y luego se enviaron dos muestras representativas de cada tipo de coagulante con los mejores rendimientos para un análisis proximal en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

10.4. Metodología experimental

La presente investigación se realizó con técnicas cuantitativas debido a la naturaleza de interés y a la conformación de la hipótesis planteada.

10.4.1. Variables

10.4.1.1. Variables de estudio para la estandarización de la leche de soya según las características sensoriales

Variable	Categoría		Escala Hedónica
Características sensoriales	Color	1.	Me disgusta mucho
		2.	Me disgusta moderadamente
	Olor	3.	Me disgusta levemente
		4.	No me gusta ni me disgusta
	Sabor	5.	Me gusta levemente
		6.	Me gusta moderadamente
	Apariencia	7.	Me gusta mucho

Fuente: elaboración propia, 2,017.

10.4.1.2. Variables de estudio para el rendimiento de queso de soya

Variable dependiente: rendimiento en masa del queso de soya
Variable independiente: concentración del coagulante

10.4.1.3. Variables de estudio para el tiempo de coagulación del queso de soya

Variable dependiente: tiempo de coagulación del queso de soya
Variable independiente: concentración del coagulante

10.4.1.4. Variables de estudio para la medición de proteína y grasa en el queso de soya

Variable dependiente: contenido de proteína y contenido de grasa
Variable independiente: tipo de coagulante

10.4.2. Diseño preliminar

Para la evaluación del rendimiento del queso de soya aplicando tres diferentes coagulantes a diferentes concentraciones, primero se llevó a cabo la estandarización del proceso para la obtención de la leche de soya.

La leche de soya se obtuvo mediante una estandarización de tres procedimientos descritos en el Anexo 1 (páginas 70 y 71) con los cuales se realizó una prueba sensorial piloto en donde participaron veintiocho panelistas, que evaluaron las características sensoriales: color, olor, sabor y apariencia. Además, a la leche seleccionada se le realizó un análisis proximal para determinar el contenido de proteína y grasa.

Luego, se llevó a cabo la parte experimental con los coagulantes lácteos (cuajo, ácido cítrico y ácido acético) empleando diferentes concentraciones y evaluando los rendimientos en masa de queso de soya y el tiempo de coagulación. Para dicha evaluación se llevaron a cabo cuatro repeticiones por cada una de las concentraciones.

Por último, se seleccionaron las muestras con el mayor rendimiento, por cada coagulante lácteo empleado, para un análisis proximal para determinar el contenido de proteína y grasa de la cuajada de soya. Dichas muestras fueron enviadas al Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

10.4.3. Técnicas cuantitativas del proceso

Los métodos y técnicas empleadas en el proceso de elaboración tanto de la leche de soya como del queso de soya se describen a continuación y puede verse el diagrama de dichos procesos en los Anexos 5 y 6 (páginas 76 y 77).

10.4.3.1. Selección de materias primas

El rendimiento está relacionado con la calidad de las materias primas a utilizar. Es por ello que se deben tomar en cuenta los productos de buena calidad para que no afecten los resultados finales. Las semillas de soya fueron adquiridas en una empresa comercial que provee variedad de productos, ubicada en Mazatenango, Suchitepéquez.

10.4.3.2. Estandarización del proceso de elaboración de leche de soya

Para estandarizar el proceso de leche de soya se tomaron en cuenta tres procesos diferentes los cuales se describen en el Anexo 1 (páginas 70 y 71) y el diagrama puede verse en el Anexo 5 (página 76). Dichos procesos fueron evaluados mediante un análisis sensorial piloto que estuvo comprendido por veintiocho panelistas. Las características sensoriales que fueron evaluadas se describen en el Anexo 2 (página 72), así como la Escala Hedónica que se empleó que consta de siete puntos, también está descrita en el Anexo 3 (páginas 73 y 74).

10.4.3.3. Elaboración del queso de soya

El proceso de elaboración del queso de soya se describe en el Anexo 4 (página 75) y su diagrama puede verse en el Anexo 6 (página 77). La finalidad de la investigación consistió en

evaluar el rendimiento en queso de soya aplicando tres diferentes coagulantes lácteos variando las concentraciones (tratamientos) de dichos coagulantes y midiendo el tiempo de cuajada. Por lo que, la aplicación de los coagulantes quedó de la siguiente manera:

Tabla 10. ***Aplicación de coagulantes lácteos a diferentes concentraciones a la leche de soya obtenida.***

	TIPO DE COAGULANTE (CANTIDAD)		
TRATAMIENTOS	CUAJO (gramos)	ÁCIDO CÍTRICO (gramos)	ÁCIDO ACÉTICO (5 ml)
Concentración 1	1.5	2.0	Solución al 3%
Concentración 2	2.0	2.5	Solución al 4%
Concentración 3	2.5	3.0	Solución al 5%
Concentración 4	3.0	3.5	Solución al 6%
Concentración 5	3.5	4.0	Solución al 7%

Fuente: elaboración propia, 2,017.

La tabla anterior muestra las cinco diferentes concentraciones por tipo de coagulante. Par el caso del cuajo (enzima liofilizada) y el ácido cítrico se utilizó el coagulante en gramos, y para el ácido acético se utilizó cinco mililitros de cada solución a diferentes concentraciones en volumen.

10.4.4. Técnicas cuantitativas de análisis

10.4.4.1. Medición del rendimiento

El rendimiento fue medido en masa y se refirió a la cantidad de cuajada obtenida por muestra según el tratamiento y el tipo de coagulante empleado.

10.4.4.2. Medición del tiempo de cuajada

El tiempo de cuajada fue medido en minutos y correspondió al tiempo en que se formó la cuajada de soya según el tipo y concentración del coagulante.

10.4.4.3. Medición del contenido de proteína

El contenido de proteína fue obtenido mediante el método para proteínas de la AOAC 976.05 de Kjeldahl. Para dicho análisis se envió una muestra de 500 gramos (por tratamiento) y debía estar a una temperatura de 4°C a 6°C durante su transporte para que la muestra no sufriera alguna variación en el tiempo de transporte. El análisis se realizó en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

10.4.4.4. Medición del contenido de grasa

El contenido de grasa o extracto etéreo fue obtenido mediante el método de Bateman 9.110 de la AOAC. Para dicho análisis se envió una muestra de 500 gramos (por tratamiento) y debía estar a una temperatura de 4°C a 6°C durante su transporte para que la muestra no sufriera ninguna variación en el tiempo de transporte. El análisis se realizó en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

10.4.5. Diseño experimental

Para el análisis de los resultados de rendimientos obtenidos por los diferentes tratamientos, de acuerdo a los tres tipos de coagulantes lácteos empleados y comprobar las hipótesis planteadas se utilizó un diseño simple con distribución de tratamientos en bloques al azar.

La parte experimental se realizó con cinco tratamientos diferentes por tipo de coagulante con cuatro repeticiones por tratamiento para hacer un total de veinte repeticiones por tipo de coagulante, y un gran total de sesenta observaciones para la investigación, esto para doce grados de libertad del error, para una significancia de $\alpha=0.05$ y una probabilidad del 95%. A continuación se describen los tratamientos por tipo de coagulante a evaluar.

Tabla 11. ***Descripción de los tratamientos aplicando cuajo (enzima liofilizada)***

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
A	Queso elaborado con 1.5 gramos de cuajo
B	Queso elaborado con 2 gramos de cuajo
C	Queso elaborado con 2.5 gramos de cuajo
D	Queso elaborado con 3 gramos de cuajo
E	Queso elaborado con 3.5 gramos de cuajo

Fuente: elaboración propia, 2,017.

Tabla 12. ***Descripción de los tratamientos aplicando ácido cítrico***

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
A1	Queso elaborado con 2 gramos de ácido cítrico
B1	Queso elaborado con 2.5 gramos de ácido cítrico
C1	Queso elaborado con 3 gramos de ácido cítrico
D1	Queso elaborado con 3.5 gramos de ácido cítrico
E1	Queso elaborado con 4 gramos de ácido cítrico

Fuente: elaboración propia, 2,017.

Tabla 13. ***Descripción de los tratamientos aplicando ácido acético***

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
A2	Queso elaborado con solución al 3%
B2	Queso elaborado con solución al 4%
C2	Queso elaborado con solución al 5%
D2	Queso elaborado con solución al 6%
E2	Queso elaborado con solución al 7%

Fuente: elaboración propia, 2,017.

Los resultados de cada tratamiento fueron sometidos a un análisis de varianza para una significancia de $\alpha = 0.05$ y una probabilidad del 95%.

La comprobación de la hipótesis planteada se realizó mediante los resultados del análisis de varianza, por medio de la Prueba F de Fisher, para un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ si

F calculado > F tabulado se dice que existe diferencia significativa entre los efectos de los tratamientos, caso contrario si F calculado < F tabulado se dice que no existe diferencia significativa entre los efectos de los tratamientos.

Así también, los cálculos y comparaciones se realizaron con las probabilidades que dan como resultado algunos programas estadísticos. Por lo tanto, para un nivel de confianza del 95%, si la P > 0.05 se dice que no existe diferencia significativa y si P < 0.05 se dice que si existe diferencia significativa.

10.4.6. Esquemas del experimento

Por lo anterior mencionado el esquema general del experimento quedó resumido en la siguiente tabla.

Tabla 14. ***Esquema del experimento según el método estadístico***

TRATAMIENTOS	No. de Repeticiones por tipo de Coagulante			Total
	CUAJO	ÁCIDO CÍTRICO	ÁCIDO ACÉTICO	
A	4	4	4	12
B	4	4	4	12
C	4	4	4	12
D	4	4	4	12
E	4	4	4	12
Total	20	20	20	60

Fuente: Modelo basado en: (Walpole, Probabilidad y estadística para ingenieros, 1999)

10.4.7. Recolección y ordenamiento de la información

La información obtenida fue registrada y ordenada en el esquema de la siguiente tabla el cual puede observarse en los resultados descritos en los apéndices 2 y 3 de las páginas 91 a la 103.

Tabla 15. ***Esquema del experimento por tipo de coagulante***

	REPETICIONES			
TRATAMIENTO	I	II	III	IV
A				
B				
C				
D				
E				

Fuente: Modelo basado en: (Walpole, Probabilidad y estadística para ingenieros, 1999)

11. RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN

11.1. Estandarización del proceso de elaboración de leche de soya y determinación de su contenido de proteína y grasa

Como se mencionó en el apartado 10.4.3.2 sobre el procedimiento para la estandarización de la leche de soya se realizaron tres diferentes concentraciones para leche de soya (Relaciones 1:5, 1:6 y 1:7), las cuáles fueron evaluadas por 28 panelistas mediante una evaluación sensorial en un panel piloto realizado en el laboratorio de evaluación sensorial de la carrera de Ingeniería en Alimentos. A continuación se muestra el resumen de los resultados (en el Apéndice 1, páginas 82 a la 90 se encuentran especificados dichos resultados).

Tabla 16. ***Códigos de referencias de las muestras de leche de soya***

RELACIÓN	CÓDIGO
1:5	179
1:6	239
1:7	233

Fuente: elaboración propia, 2017.

En la tabla anterior se muestran las relaciones de soya:agua tomadas para la estandarización del proceso de elaboración de la leche de soya y sus respectivos códigos.

Tabla 17. ***Resumen del análisis de varianza de las características sensoriales evaluadas en las tres muestras de leche de soya***

RESUMEN DE SIGNIFICANCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES

Característica Sensorial	*F calculada*	*F tabulada*	*Probabilidad*	*Conclusión*
COLOR	0.1938	3.1093	0.8242	No existe diferencia significativa
OLOR	1.5797	3.1093	0.2123	No existe diferencia significativa
SABOR	3.6783	3.1093	0.0296	Sí existe diferencia significativa
APARIENCIA	2.2699	3.1093	0.1099	No existe diferencia significativa

Fuente: elaboración propia, 2017.

Tabla 18. ***Resumen de la prueba de Tukey para la característica sensorial de Sabor***

Tratamientos	Medias		
233	5.64	a	
239	5.03		b
179	4.71		b

Fuente: elaboración propia, 2017

Nota: Las letras minúsculas representan el resultado de la prueba de Tukey, letras iguales indican igualdad entre medias.

El resumen del análisis de varianza indica que para las muestras de leche con códigos 179, 239 y 233 no existe diferencia significativa en cuanto a: **color**, puesto que, F calculada=0.1938 es menor que F tabulada=3.1093 y presenta una probabilidad de 0.82 la cual es mayor que α=0.05; **olor**, pues, F calculada=1.5797 es menor que F tabulada=3.1093 y presenta una probabilidad de 0.2123 mayor que α=0.05; **apariencia**, ya que, F calculada=2.2699 es menor que F tabulada=3.1093 y presenta una probabilidad de 0.1099 la cual es mayor que α=0.05.

Sin embargo, para la característica sensorial de **sabo**r, sí existe diferencia significativa entre las muestras de leche con códigos 179, 239 y 233, puesto que, F calculada=3.6783 es mayor que F tabulada=3.1093 y presenta una probabilidad de 0.0296 menor que α=0.05 para un nivel de significancia del 95%. Por lo que se procedió a realizar una Prueba de Tukey para las medias (ver tabla 18), reflejando que la muestra con código 233 obtuvo una diferencia entre medias igual a 0.93 la cual es mayor que la diferencia media significativa igual a 0.83, lo cual indica, que el tratamiento gusta moderadamente, según la escala hedónica de siete puntos (ver Anexo 2, página 72).

Por lo tanto, el procedimiento a seguir para elaborar la leche de soya es el empleado por el tratamiento con la relación 1:7 y cuyo código es 233, porque según los resultados tiene un gusto moderado en comparación con los otros tratamientos que gustan poco (según la escala hedónica de siete puntos). De este modo queda estandarizado el procedimiento para la elaboración de leche de soya cuya relación es 1:7 para continuar con los procedimientos de la investigación.

11.1.1. Contenido de proteína y grasa en la leche de soya con relación 1:7

El contenido de proteína y grasa se determinó mediante un análisis químico proximal realizado a una muestra de leche de soya con relación 1:7 en el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, obteniéndose los siguientes resultados (Ver Anexo 8, página 79):

Tabla 19. ***Contenido de proteína y extracto etéreo realizado a la muestra 233 de leche de soya***

Análisis	Base seca	Como alimento
Proteína %	60.55	2.70
Extracto Etéreo %	24.06	1.07

Fuente: Resultados de análisis proximal, Laboratorio de Bromatología, Medicina Veterinaria y Zootecnia, USAC.

LUN (1996) y FÉNNEMA (1993), reportados por MEJIAS (1998) en la tabla 4, presentan la composición química de la leche de soya con una relación 1:5 (ver página 16) con un contenido de proteína igual a 4% y extracto etéreo igual a 1.5%, lo cual indica que el contenido de proteína disminuye en función de la cantidad de agua, ya que las proteínas se encuentran más dispersas según la relación de soya:agua que se utilice.

11.2. Evaluación del rendimiento en masa de cuajada de soya según las diferentes concentraciones de los coagulantes lácteos empleados

Para la evaluación del rendimiento se realizaron cuatro repeticiones por concentración o tratamientos según el tipo de coagulante empleado. Los resultados específicos se muestran en el Apéndice 2, páginas 91 a la 97, a continuación se presenta un resumen de dichos resultados.

11.2.1. Evaluación del rendimiento utilizando la enzima liofilizada

Para el caso del empleo del cuajo como enzima liofilizada, no se observó ninguna reacción con la leche de soya, es decir, no se formó cuajada, debido a que según Ramírez (2,000) la propiedad más importante del cuajo es la de coagular la leche, por medio de la separación del caseinato de calcio, a consecuencia de un desequilibrio entre los componentes de la leche y su precipitación, lo cual no se presentó en la leche de soya, ya que, la proteína de la soya (Glycinin) es diferente a la de leche de vaca.

Asimismo, Cerdán & Rosell (2,002) indican que la temperatura de la leche de soya con la adición del coagulante y la forma en que se mezcla afectan la producción en cantidad y la textura. Sin embargo, cuando la temperatura es demasiado baja la coagulación es incompleta y el tofu se vuelve frágil y con poco cuerpo. La temperatura óptima de coagulación es entre 75°C – 80°C, sin embargo, para esta investigación se tomó en cuenta trabajar a una temperatura de 35° a 45°C para la adición de la enzima liofilizada.

11.2.2. Evaluación del rendimiento utilizando ácido cítrico

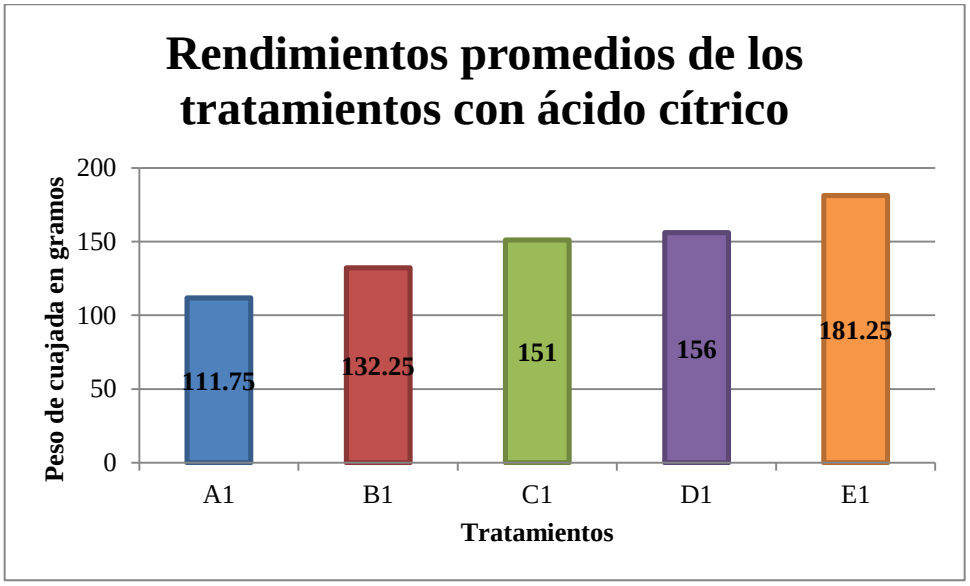
En el caso del ácido cítrico se emplearon cinco tratamientos con concentraciones diferentes en cuatro repeticiones, obteniendo los siguientes resultados. Los detalles de los resultados se muestran en el Apéndice 2, páginas 92 a la 94.

Tabla 20. ***Resultados de las medias de rendimientos en gramos de cuajada utilizando ácido cítrico***

Tratamientos	*Totales (4 repeticiones)*	*Medias*
A1	447	111.75
B1	529	132.25
C1	604	151
D1	624	156
E1	725	181.25

Fuente: elaboración propia, 2017.

Gráfica 1. ***Rendimientos promedios de los tratamientos con ácido cítrico***



Fuente: elaboración propia, 2017

Los resultados muestran que aplicando el tratamiento E1 que corresponde al empleo de 4.0 gramos de ácido cítrico por litro de leche de soya, se obtienen los mejores rendimientos de cuajada de soya, con una media de 181.25 gramos de cuajada de soya por litro de leche de soya empleada, lo cual indica que al utilizar mayores cantidades del coagulante ácido cítrico se obtendrán mayores pesos en cuajada de soya.

A continuación se muestra una tabla que resume el análisis de varianza para tratamientos con ácido cítrico el cual se puede ver en el Apéndice 2, página 93.

Tabla 21. ***Resumen de los resultados del análisis de varianza para tratamientos con ácido cítrico***

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuentes de variaciones	*Fcal.*	*Probabilidad*	*Ftab.*	*Conclusión*
Tratamientos	92.367	6.60034E-09	3.26	Existe diferencia significativa entre los tratamientos.
Bloques	1.1706	0.361542499	3.49	No existe diferencia significativa entre los bloques,

Fuente: elaboración propia, 2017.

El análisis de varianza muestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos aplicados con ácido cítrico, puesto que, la F calculada = 92.37 es mayor que F tabulada = 3.26, así como, para el valor de la probabilidad igual a 0.000000006 el cual es menor que α= 0.05 para una nivel de significancia del 95%. Por lo tanto, se procedió a realizar la Prueba de Tukey para comparar las medias de rendimientos en masa.

Tabla 22. ***Resumen de los resultados de la prueba de Tukey para tratamientos con ácido cítrico***

Tratamientos	*Medias*				
E1	181.25	a			
D1	156		b		
C1	151		b		
B1	132.25			c	
A1	111.75				d

Fuente: elaboración propia, 2017.

Nota: Las letras minúsculas representan el resultado de la prueba de Tukey, letras iguales indican igualdad entre medias.

Los resultados de la prueba de Tukey muestran que existe diferencia entre los tratamientos, a excepción de los tratamientos C1 y D1, pues entre ellos la diferencia de sus medias es menor que la diferencia media significativa (ver Apéndice 2, páginas 94).

Por lo tanto, los resultados indican que el tratamiento E1 que corresponde a utilizar cuatro gramos de ácido cítrico por litro de leche presenta los mejores resultados de rendimiento en masa de cuajada de soya. Del mismo modo, dicho tratamiento presentó una cuajada mucho más compacta y firme.

11.2.3. Evaluación del rendimiento utilizando ácido acético

Se llevaron a cabo cinco tratamientos a diferentes concentraciones de ácido acético en la leche de soya con cuatro repeticiones, lo cual, hizo un total de veinte observaciones, mismas

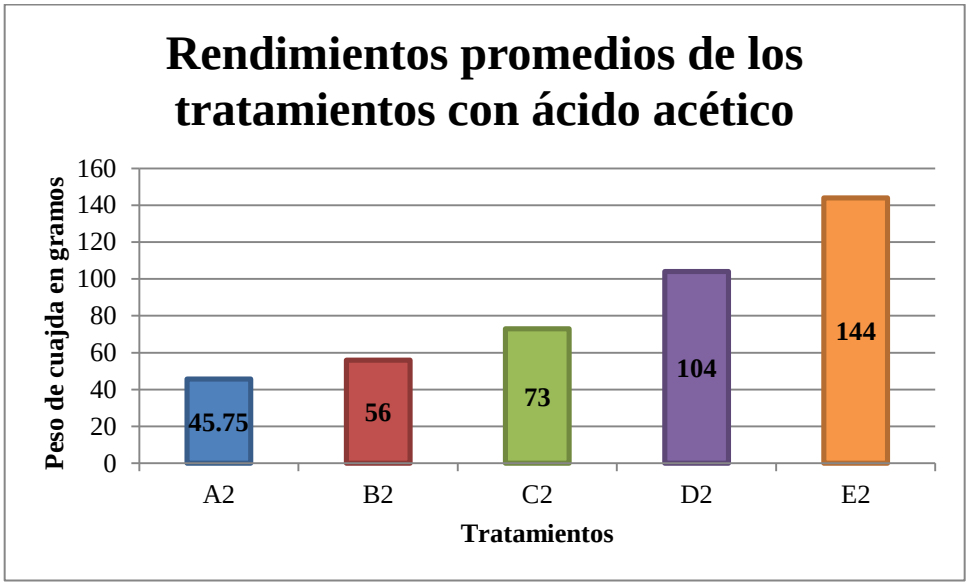
que fueron analizadas mediante el método estadístico de bloques al azar. Los detalles de los resultados se muestran en el Apéndice 2, páginas 94 a la 96.

Tabla 23. ***Resultados de rendimientos en gramos de cuajada utilizando ácido acético***

Tratamientos	*Totales (4 repeticiones)*	*Medias*
A2	183	45.75
B2	224	56
C2	292	73
D2	416	104
E2	576	144

Fuente: elaboración propia, 2017.

Gráfica 2. **Rendimientos promedios de los tratamientos con ácido acético**



Fuente: elaboración propia, 2017.

En los resultados se puede observar que la muestra que refleja el mayor rendimiento de cuajada según su media es el tratamiento E2, que tiene una media igual a 144 gramos de cuajada de soya por litro de leche de soya utilizando cinco mililitros de una solución al 7% de ácido acético, lo cual indica que empleando una mayor concentración del coagulante se obtienen mayores rendimientos.

A continuación se muestra una tabla que resume el análisis de varianza para tratamientos con ácido acético el cual se puede ver en el Apéndice 2, de la página 95.

Tabla 24. ***Resumen de los resultados del análisis de varianza de la evaluación del rendimiento de los tratamientos con ácido acético.***

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuentes de variaciones	*Fcal.*	*Probabilidad*	*Ftab.*	*Conclusión*
Tratamientos	26.629	6.88804E-06	3.26	Existe diferencia significativa entre los tratamientos.
Bloques	0.2227	0.878762285	3.49	No existe diferencia significativa entre los bloques,

Fuente: elaboración propia, 2017.

El análisis de varianza indica que existe diferencia significativa entre los tratamiento utilizando ácido cítrico, puesto que, F calculada = 26.629 es mayor que F tabulada = 3.26. Asimismo, la probabilidad igual a 0.0000068 es menor que $\alpha = 0.05$, para un nivel de significancia del 95%, lo cual, también indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo tanto, se procedió a realizar una prueba de Tukey de comparación entre medias.

Del mismo modo, el análisis muestra los resultados de los bloques, lo cual indica, que no existe diferencia significativa entre bloques, pues F calculada=0.22 es menor que Ftabulada=3.49 y una probabilidad igual a 0.87, que es mayor a $\alpha = 0.05$.

Tabla 25. ***Resumen de los resultados de la prueba de Tukey para tratamientos con ácido acético***

Tratamientos	*Medias*			
E2	144	a		
D2	104		b	
C2	73		b	c
B2	56			c
A2	45.75			c

Fuente: elaboración propia, 2017

Nota: Las letras minúsculas representan el resultado de la prueba de Tukey, letras iguales indican igualdad entre medias.

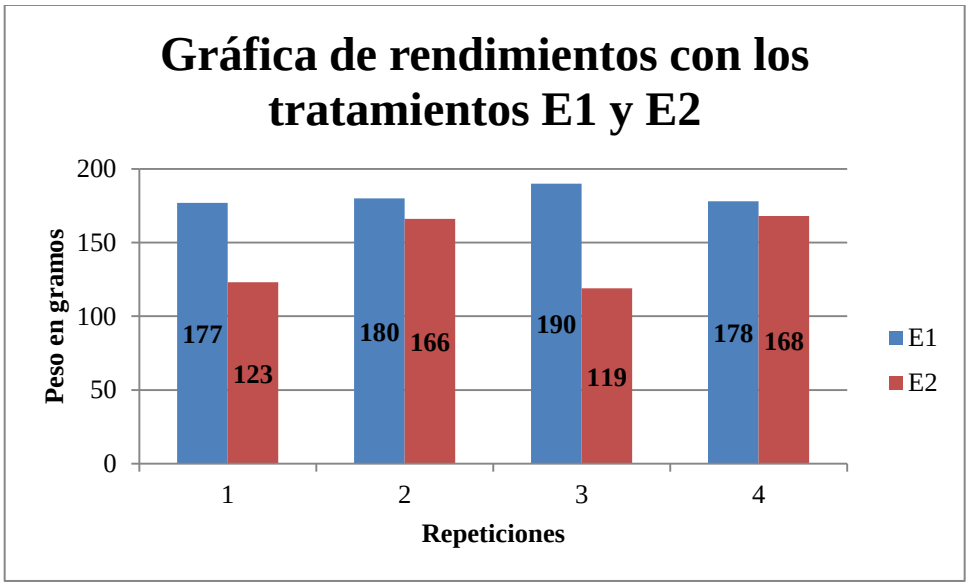
Los resultados de la prueba de Tukey (ver apéndice 2, página 96) reflejan que no existe diferencia entre los tratamientos A2, B2 y C2, puesto que se consideran iguales, al igual que las muestras C2 y D2. Sin embargo, el tratamiento que presenta diferencia con todos los anteriores, es el tratamiento E2, por lo tanto, se dice que da los mejores resultados de cuajada de soya.

De manera general, se dice que los tratamientos utilizando ácido acético presentan una cuajada mucho más blanda. La mayor diferencia se encuentra entre los tratamientos A1, B1 y C1 quienes presentaron cuajadas más blandas y de menores rendimientos.

11.2.4. Comparación de los tratamientos que tuvieron los mejores rendimientos con ácido acético y ácido cítrico.

Los tratamientos que se compararon fueron el tratamiento E1 que corresponde a utilizar 4 gramos de ácido cítrico por cada litro de leche de soya, y el tratamiento E2 que corresponde a utilizar cinco mililitros de una solución de ácido acético al 7%, puesto que fueron los que obtuvieron los mayores rendimientos de cuajada. En la gráfica se muestran los resultados de sus rendimientos en masa según las cuatro repeticiones realizadas.

Gráfica 3. **Rendimientos con los tratamientos E1 y E2**



Fuente: elaboración propia, 2017.

Tabla 26. ***Resumen del análisis de varianza para los tratamientos E1 y E2***

Fuentes de variaciones	*Fcal.*	*Probabilidad*	*Ftab.*
Tratamientos	6.1606	0.0891	10.1279
Bloques	0.6522	0.6330	9.27662

Fuente: elaboración propia, 2017.

El análisis de varianza indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos E1 y E2 puesto que el valor de la F calculada = 6.16 es menor que el valor de la F tabulada = 10.13, y la probabilidad igual a 0.0891 la cual, es mayor que $\alpha = 0.05$ para un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, se dice que no hay diferencia en los rendimientos al aplicar cualquiera de los tratamientos.

Según Cerdán & Rosell (2,002), el proceso de coagulación cumple un papel importante e influye de manera directa en el rendimiento del tofu, es así que cuando la leche de soya está altamente concentrada o densa se coagulará fuertemente produciendo un tofu suave. La leche de soya presentó una densidad de 1.010 g/ml. Cuando la densidad es baja la coagulación no es tan fuerte. La cantidad correcta de coagulante y la proporción adecuada son factores importantes y necesarios para obtener un buen cuajo.

11.3. Evaluación del tiempo de cuajada según las diferentes concentraciones de los coagulantes lácteos empleados

El tiempo de cuajada para los diferentes tratamientos fue medido en minutos, y fue evaluado juntamente con el rendimiento de cuajada al utilizar los diferentes coagulantes lácteos. Se obtuvieron un total de cuatro repeticiones por tratamiento, los cuales, fueron analizados mediante el diseño de bloques al azar (Ver Apéndice 3, páginas 98-103).

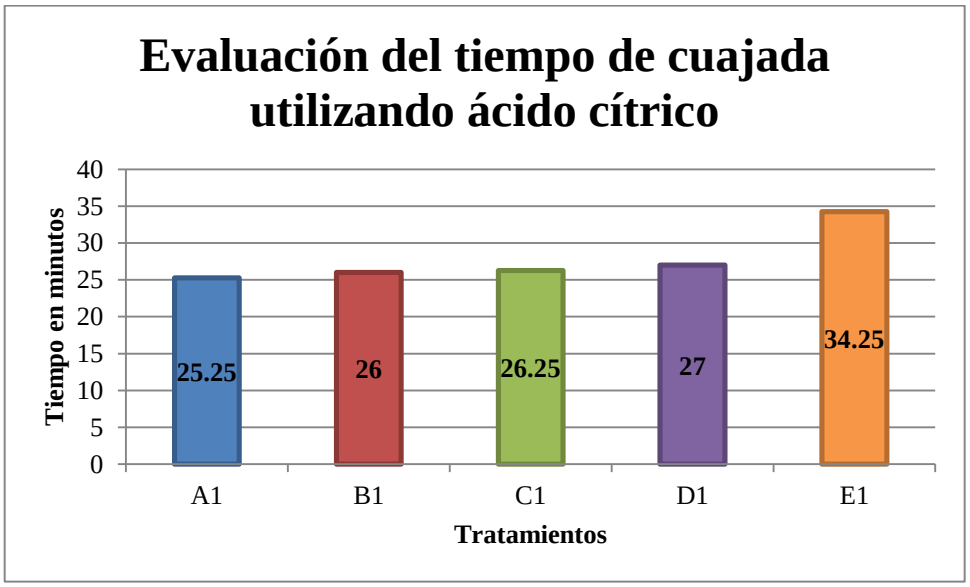
11.3.1. Evaluación del tiempo de cuajada utilizando enzima liofilizada

Para el caso de la utilización del cuajo, no se presentaron resultados positivos puesto que no hubo ninguna reacción de éste con la leche de soya. Las observaciones se realizaron a los 30 minutos, 60 minutos, 120 minutos y 24 horas, sin embargo, no se presentó ninguna forma de cuajada.

11.3.2. Evaluación del tiempo de cuajada utilizando ácido cítrico

Los resultados del tiempo de cuajada para los diferentes tratamientos con ácido cítrico se muestran en el Apéndice 3, páginas 98 a la 100.

Gráfica 4. **Evaluación del tiempo de cuajada utilizando ácido cítrico**



Fuente: elaboración propia, 2017

La gráfica anterior muestra los resultados en minutos del tiempo de cuajada utilizando ácido cítrico con cinco diferentes tratamientos. De este modo, se observa que el tiempo promedio de cuajada para los tratamientos A1=25.25 min., B1=26 min., C1=26.25 min., D1=27 min. y E1=34.25 min.

11.3.2.1. Resumen del análisis de varianza para la evaluación del tiempo de cuajada utilizando ácido cítrico

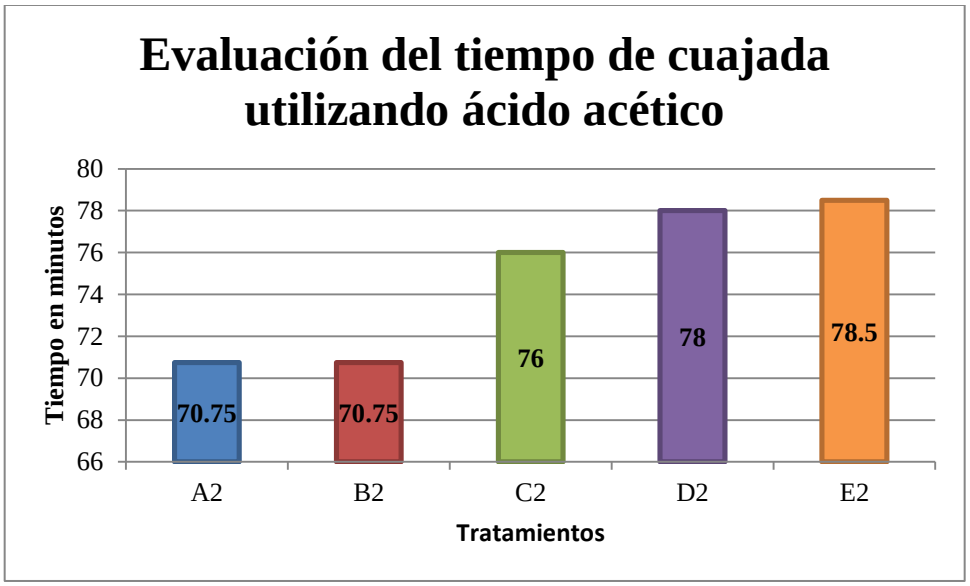
El análisis de varianza (ver Apéndice 3, página 99) indica que existe diferencia significativa entre los tiempos de los tratamientos evaluados, puesto que, la F calculada = 73.31 es mayor que F tabulada = 3.26 y una probabilidad de 0.000000025 la cual es menor que $\alpha = 0.05$ para un nivel de confianza del 95%. Por lo que, se procedió a realizar un análisis de medias a través de la prueba de Tukey

Los resultados de la prueba de Tukey indican que los tiempos de cuajada para los tratamientos A1, B1, C1 y D1 son iguales, es decir, no reflejan ninguna diferencia estadística puesto que la diferencia entre sus medias es menor a DMS. Por el contrario el tiempo en el tratamiento E1 es diferente a los demás, y su media es mayor, lo cual indica que para cuajar un litro de leche utilizando cuatro gramos de ácido cítrico se necesitan 33-35 minutos, aproximadamente.

11.3.3. Evaluación del tiempo de cuajada utilizando ácido acético

Los resultados del tiempo de cuajada para los diferentes tratamientos con ácido acético se muestran en el Apéndice 3, páginas 100 a la 102.

Gráfica 5. **Evaluación del tiempo de cuajada utilizando ácido acético**



Fuente: elaboración propia, 2017

La gráfica anterior muestra los resultados en minutos del tiempo de cuajada utilizando ácido acético con cinco diferentes tratamientos. De este modo, se observa que el tiempo promedio de cuajada para los tratamientos A2=70.75 min., B2=70.75 min., C2=76 min., D2=78 min. y E2=78.5 min.

11.3.3.1. Resumen del análisis de varianza para la evaluación del tiempo de cuajada utilizando ácido acético

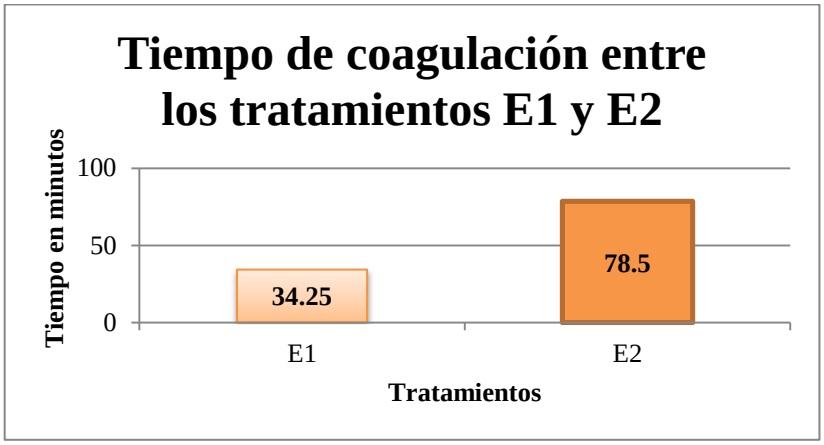
El análisis de varianza indica que existe diferencia significativa entre los tiempos de los tratamientos evaluados, puesto que, la F calculada = 31.026 es mayor que F tabulada = 3.26 y una probabilidad de 0.000003 la cual es menor que $\alpha = 0.05$ para un nivel de confianza del 95%. Por lo que, se procedió a realizar un análisis de medias a través de la prueba de Tukey.

Los resultados de la prueba de Tukey indican que los tiempos de cuajada para los tratamientos A2 y B2 son iguales, así como C2, D2 y E2 también son iguales, es decir, no reflejan ninguna diferencia estadística puesto que la diferencia entre sus medias es menor a DMS. Por lo tanto, se dice que para cuajar un litro de leche utilizando cinco mililitros de una solución de ácido acético al 7% se tomará un tiempo estimado entre 77 – 80 minutos, aproximadamente.

11.3.4. Comparación del tiempo de cuajada con los tratamientos E1 y E2

Los resultados del análisis de varianza muestran que existe diferencia significativa entre los tiempos de los tratamientos puesto que F calculada = 31329 es mayor que F tabulada = 10.13, y una probabilidad de 0.0000004, la cual es menor que $\alpha = 0.05$ para un nivel de significancia del 95%, lo cual indica, que el menor tiempo para coagular es de 33-35 minutos, empleando un tratamiento con ácido cítrico.

Gráfica 6. **Comparación del tiempo de coagulación entre los tratamientos E1 y E2**



Fuente: elaboración propia, 2017.

En la gráfica anterior se muestran las medias de los tiempos empleados para coagular con los tratamientos E1 (que corresponde a utilizar cuatro gramos de ácido cítrico) y E2 (que corresponde a utilizar cinco mililitros de ácido acético al 7% de concentración). Por lo tanto, se concluye que el mejor tiempo de coagulación es el obtenido por el tratamiento E1, pues según Cerdán & Rosell (2,002) el tiempo es una variable importante de controlar y mantener puesto que, un mayor tiempo de coagulación puede afectar la calidad de la cuajada y su rendimiento.

11.4. Evaluación del contenido de proteína y grasa presentes en los quesos de soya seleccionados con los mayores rendimientos por cada tipo de coagulante empleado

Según los resultados obtenidos durante la parte experimental se seleccionaron los tratamientos con los cuales se obtuvieron los mejores rendimientos, siendo éstos, el tratamiento E1 con ácido cítrico y el tratamiento E2 con ácido acético. Dichos tratamientos fueron evaluados mediante un análisis proximal obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 27. ***Determinación del contenido de proteína y grasa en muestras de queso de soya seleccionadas con los mejores rendimientos de cuajada.***

Análisis	Base seca		Como alimento	
	Proteína %	Grasa %	Proteína %	Grasa %
Cuajada con ácido cítrico (Tratamiento E1)	60.23	30.67	10.40	5.30
Cuajada con ácido acético (Tratamiento E2)	60.73	32.63	10.85	5.83

Fuente: Resultados del análisis proximal, Laboratorio de Bromatología, Medicina Veterinaria y Zootecnia, USAC, 2017.

La tabla anterior (presenta el resumen del análisis químico proximal del Anexo 8, página 81) muestra el contenido de proteína y grasa en dos muestras de queso de soya, los cuales indican que el tratamiento E2 con ácido acético tiene los mayores contenidos de proteína y grasa tanto como base seca como alimento. Por lo que, si se quiere tomar en cuenta para producir un alimento rico en proteína se puede sugerir el tratamiento con ácido acético.

Los resultados de la determinación del contenido de proteína y grasa en los tratamientos seleccionados con los mayores rendimientos indicaron que el ácido actúa directamente sobre los enlaces de las proteínas presentes en la leche de soya, logrando un cambio de la estructura de las proteínas provocando lo que se conoce como desnaturalización de la proteína. Este proceso está aún más favorecido, por la gran cantidad de grasa o extracto etéreo que contienen las semillas de soya, y que a su vez se encuentran dispersas en la leche de soya, logrando que el ácido actúe en las partículas de grasa formando una fase fluida (en este caso el suero) y una fase dispersa (en este caso la cuajada) que normalmente se encuentra en menores cantidades.

12. CONCLUSIONES

11.1 Se rechaza la hipótesis planteada puesto que no existe diferencia estadística significativa entre los coagulantes ácido cítrico y ácido acético, que dieron los mayores rendimientos, pues el valor de la Fcalculada=6.16 es menor que el valor de Ftabulada=10.13 y con una probabilidad igual a 0.089 mayor a α=0.05 para un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto el rendimiento en cuajada de soya para ambos coagulantes es el mismo.

11.2 El proceso de elaboración de leche de soya quedó estandarizado mediante el procedimiento para el tratamiento con una relación de soya:agua de 1:7, puesto que se determinó que poseía las mejores características sensoriales para tomarlo en cuenta como materia prima en la elaboración de queso de soya.

11.3 El tratamiento que presentó los mejores rendimientos en masa, con una media de 181.25 gramos de cuajada, para el caso del coagulante ácido cítrico, fue el tratamiento E1 que corresponde a utilizar cuatro gramos de ácido cítrico por litro de leche, con un tiempo estimado de coagulación de 33-35 minutos.

11.4 El tratamiento que presentó los mejores rendimientos en masa, con una media de 144 gramos de cuajada, para el caso del coagulante ácido acético, fue el tratamiento E2 que corresponde a utilizar cinco mililitros de una solución al 7% de concentración, con un tiempo de cuajada de 77-80 minutos.

11.5 Los contenidos de proteína y grasa para los quesos hechos con ácido cítrico y ácido acético son similares, puesto que para proteína (como alimento) con ácido cítrico se obtuvo un 10.40% y con ácido acético se obtuvo un 10.85%; asimismo para grasa (como alimento) con ácido cítrico se obtuvo un 5.30% y con ácido acético un 5.83%.

13. RECOMENDACIONES

12.1 Utilizar el coagulante ácido cítrico para la elaboración de queso de soya puesto que brinda los mejores rendimientos en masa y en menor tiempo de cuajada que los observados al emplear ácido acético.

12.2 Evaluar el rendimiento de cuajada de soya utilizando mayores concentraciones de ácido cítrico y ácido acético de los empleados en esta investigación.

12.3 Determinar el rendimiento de cuajada de soya a mayores tiempos de cuajada de los observados en esta investigación.

12.4 Establecer el rendimiento de cuajada de soya con diferentes relaciones soya:agua para el proceso de elaboración de leche de soya.

12.5 Analizar los costos de producción de los tratamientos que obtuvieron los mejores rendimientos por tipo de coagulante en esta investigación.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Ácido Acético*. (2002). Recuperado el 19 de mayo de 2017, de http://www.ecured.cu/Ácido_acético

2. *Ácido Acético*. (11 de febrero de 2013). Recuperado el 19 de mayo de 2017, de http://www.quiminet.com/acido_acetico

3. *Ácido Cítrico*. (2002). Recuperado el 19 de mayo de 2017, de https://www.ecured.cu/Ácido_cítrico

4. *Ácido Cítrico*. (11 de febrero de 2013). Recuperado el 19 de mayo de 2017, de http://www.quiminet.com/acido_citrico

5. Badui, S. (1984). *Química de los Alimentos.* (2a. ed.) México, D.F.: Alambra Mexicana.

6. Badui, S. (1993). *Química de los Alimentos.*(3a.ed.) México. D.F.: Pearson

7. Braverman, V. (2004). *Procesamiento de tofu, factores variables y críticos.* México, D.F.: Asociación Americana de Soya.

8. Cai, T., & Chang, K. (1999). Processing effect on soybean storage proteins anda their relationship with tofu quality. *Journal of Agricultural and Food Chemestry*, 47 (2): 720-727.

9. Cerdán, D., & Rosell, P. (2002). *Procesos industriales para la elaboración de leche de soya y tofu.* Recuperado el 19 de mayo de 2017, de http://analbors.webs.upv.es/Seminarios/Lechesojaytofu.pdf

10. Chen, S. (1991). *Producción de Leche de Soya.* México, D.F.: Asociación Americana de Soya.

11. Chumchuere, S., Macdoguall, D., & Robinson, R. (2000). Production and properties of a semi-hard cheese made from soya milk. . *International Journal of Food Science and Technology*, 35 (6): 577-581.

12. Cocio, J. (2006). *Elaboración de Quesillo de Leche de Soya (Glycine max) con Adición de Bacterias Probióticas (Lactobacillus casei shirota y Bifidobacterium lactis Bb12).* Recuperado el 19 de mayo de 2017, de http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fac663e/doc/fac663e.pdf

13. *Derivados Lácteos: Guía para el alumno y el instructor*. (septiembre de 1987). Recuperado el 19 de mayo de 2017, de Derivados Lácteos: http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/31496/pdf/b0_inst.pdf

14. FAO. (2010). *Leche de Soya: Capítulo 8*. Recuperado el 18 de mayo de 2017, de http://www.fao.org/docrep/t0532e/t0532e09.htm

15. Fennema, O. (2000). *Composición química de la leche de soya. Química de los alimentos*. Zaragoza, ES: Acribia.

16. Gómez, M. (13 de julio de 2007). *Determinación de las concentraciones de antimicrobianos en cuajada de soya (TOFU), para la prolongación de la vida de anaquel bajo condiciones de refrigeración.* (Tesis de grado, Licenciatura en Ingeniería de Alimentos). Escuela de Ingeniería y Ciencias. Universidad de las Américas, Puebla. Recuperado el 18 de mayo de 2017, de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/gomez_a_ma/

17. Lehr, A. (2009). *Desarrollo de una Formulación tipo yogurt elaborado con leche de soya con edulcorante artificial y diseño del proceso de fabricación.*(Tesis de grado, Ingeniería Química). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Guatemala,GT.

18. Lim, B., Deman, J., & Buzzell, M. (1990). Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics. Calcium sulfate coagulant. *Journal of Food Science.*, 56 (4): 1088-1092.

19. Liu, Z., & Chang, K. (2003). Development of a rapid tritration method for predicting optimal coagulant concentration for filled tofu. *Journal of Agricultura and Food Chemetry*, 51 (18): 5214-5221.

20. Martínez, V. (2007). *La soya.* Recuperado el 17 de mayo de 2017, de http://www.botanical-online.com

21. Mejías, J. (1998). *Características físicas y aromas de un alimento tipo yogurt sin lactosa, elaborado sobre la leche de soya.* Santiago de Chile.

22. Portillo, E. (2005). *Propuesta de implementación de una línea de producción de queso fresco de soya en una planta produtora de leche de soya.* (Tesis de Grado, Licenciatura en Ingeniería Química Industrial). Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ingeniería. Guatemala, GT.

23. Ramírez, S. (2000). *El Cuajo.* Recuperado el 19 de mayo de 2017, de www.bdigital.unal.edu.co/33940/1/33914-128322-1-PB.pdf

24. Ridner, E. (2006). *Soja, propiedades nutricionales y su impacto en la salud.* Recuperado el 18 de mayo de 2017, de http://www.sanutricion.org.ar/files/upload/files/soja.pdf

25. Salunkhe, D. (1992). *World Oliseeds - Chemistry, Technology, and Utilization.* E.U.A.: Van Nostrand Reinhold.

26. Snyder, H., & Kwon, T. (1987). *Soybean utilization.* New York: Van Nostrand Reinhold Company.

27. Walpole, R. (1999). *Probabilidad y estadística para ingenieros.*(6a. ed.) México, D.F.: Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.

28. Zea, V. (2 de marzo de 2010). *Utilización de varios tipos de leche vegetal en la elaboración de quesos para personas con intolerancia a la lactosa. (*Tesis de grado, Licenciatura en Gestión Gastronómica). Escuela Superior Politécnica de Riobamba, Ecuador. Recuperado el 17 de mayo de 2017, de http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2321/1/84T00072.pdf

Vo. Bo. _____

Licda. Ana Teresa de González

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR-OCCIDENTE
BIBLIOTECA
U.S.A.C. Mazatenango

15. ANEXOS

ANEXO 1. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA LECHE

1) PROCEDIMIENTO PARA EL TIPO DE LECHE NORMAL DE SOYA (RELACIÓN 1:5); PARA EL TIPO DE LECHE INTERMEDIO DE SOYA (RELACIÓN 1:6) Y PARA EL TIPO DE LECHE DAIRY DE SOYA (RELACIÓN 1:7)

- **Materiales**
  - 1000 gramos de soya
  - Agua pura
  - Bicarbonato de sodio

- **Procedimiento**
  - Limpieza y selección del grano de soya.
  - Se remojaron 1000 gramos de soya en 3 Litros de agua purificada a temperatura ambiente, durante 10 horas.
  - Se escaldó el grano hidratado para inhibir lipoxigenasa y sabor afrijolado.
  - Se descascarilló el grano hidratado.
  - Se pesaron 100 gramos de soya hidratada y se licuaron con agua según la cantidad que correspondía a cada relación (para la relación 1:5 se agregan 500 ml; para la relación 1:6 se agregan 600 ml y para la relación 1:7 se agregan 700 ml de agua purificada), se repite el procedimiento hasta terminar el grano de remojo.
  - Luego, se filtró la soya licuada con la ayuda de una manta para separar la fibra de la leche.

- Se colocó en un recipiente hondo la leche obtenida y se coció a 100 - 106°C por 15 minutos, para eliminar inhibidores de tripsina, reducir la viscosidad y destruir microorganismos.
- Luego del tiempo de cocción, se enfrió la leche a temperatura ambiente y se refrigeró por al menos una semana.

ANEXO 2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES EN LA LECHE DE SOYA.

La estandarización de la leche se llevará a cabo mediante un panel piloto representado por un mínimo de 15 personas y un máximo de 25. En donde se procederá a evaluar las características sensoriales (color, olor, sabor y apariencia) adecuadas para el proceso siguiente que sería el de la elaboración de queso de soya aplicando las diferentes concentraciones de coagulantes.

ESCALA HEDÓNICA

7	**Me gusta mucho**
6	**Me gusta moderadamente**
5	**Me gusta levemente**
4	**No me gusta ni me disgusta**
3	**Me disgusta levemente**
2	**Me disgusta moderadamente**
1	**Me disgusta mucho**

Fuente: Witting, E. (2001).

ANEXO 3. MODELO DE BOLETA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Centro Universitario de Sur Occidente "CUNSUROC"

Mazatenango, Suchitepéquez

Ingeniería en Alimentos

BOLETA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Instrucciones: a continuación se le presentan tres muestras de LECHE DE SOYA elaborada con semillas de soya, cada una está identificada con diferente código. Deberá marcar con una "X" según sea su percepción sensorial.

COLOR

Muestra	179	239	233
Me gusta mucho			
Me gusta moderadamente			
Me gusta poco			
No me gusta, ni me disgusta			
Me disgusta levemente			
Me disgusta moderadamente.			
Me disgusta mucho			

Observaciones:

_____

OLOR

Muestra	179	239	233
Me gusta mucho			
Me gusta moderadamente			
Me gusta poco			
No me gusta, ni me disgusta			
Me disgusta levemente			
Me disgusta moderadamente.			
Me disgusta mucho			

Observaciones:

_____

SABOR

Muestra	179	239	233
Me gusta mucho			
Me gusta moderadamente			
Me gusta poco			
No me gusta, ni me disgusta			
Me disgusta levemente			
Me disgusta moderadamente.			
Me disgusta mucho			

Observaciones:

_____

APARIENCIA

Muestra	179	239	233
Me gusta mucho			
Me gusta moderadamente			
Me gusta poco			
No me gusta, ni me disgusta			
Me disgusta levemente			
Me disgusta moderadamente.			
Me disgusta mucho			

Observaciones:

_____

ANEXO 4. PROCESO DE ELABORACIÓN DE QUESO DE SOYA

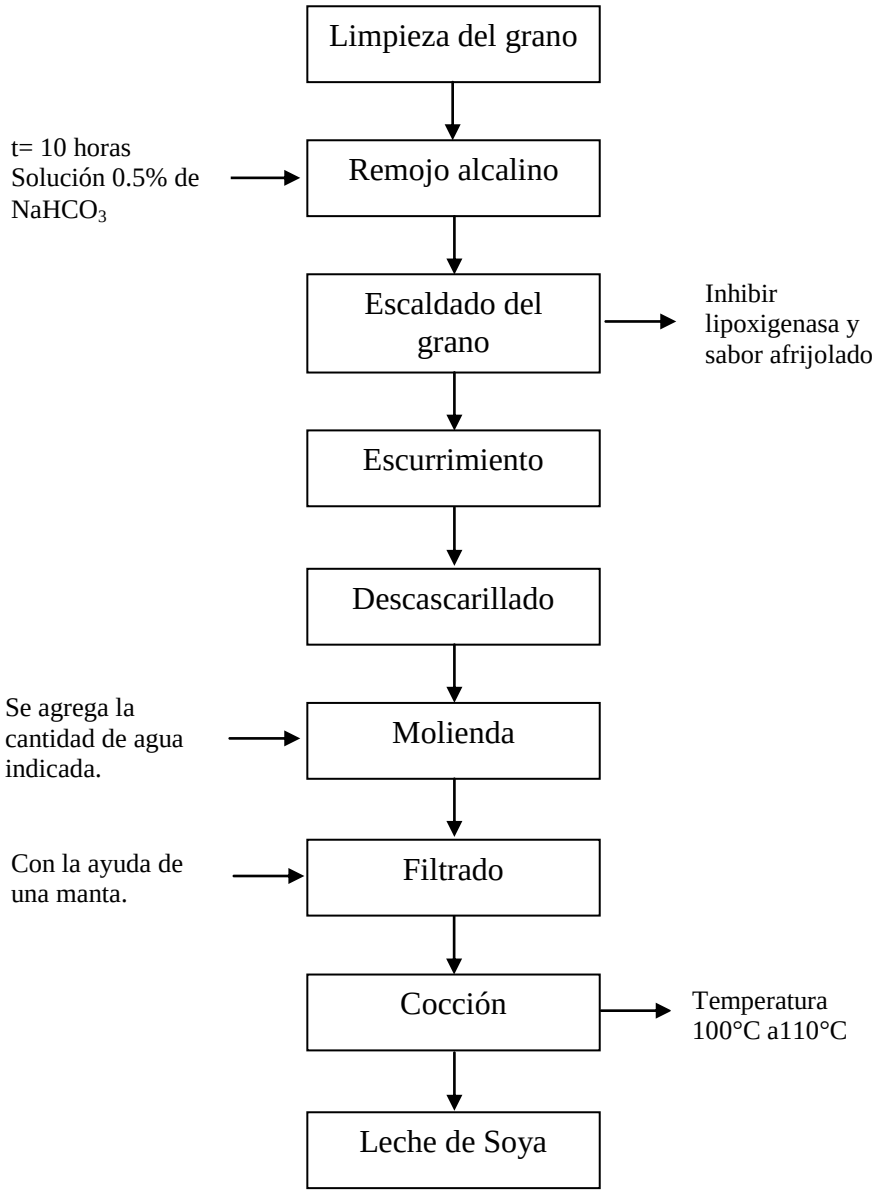
- **Materiales**

  - Leche de soya
  - Coagulantes (cuajo, ácido cítrico y ácido acético)
  - Cloruro de calcio
  - Agua desmineralizada

- **Procedimiento**

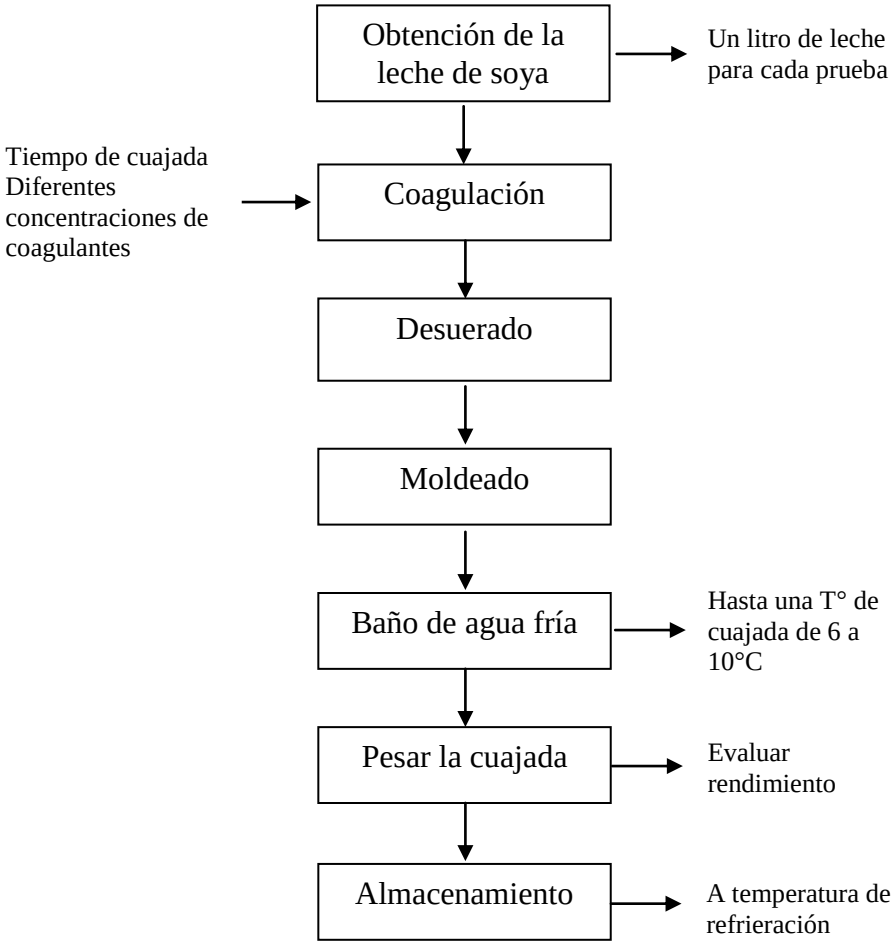
  - Luego de haber obtenido la leche de soya con el procedimiento para la relación 1:7, se procedió a tomar una muestra de 1000 ml, para cada repetición.
  - Se debe recordar que la temperatura de la lechada o leche de soya varió dependiendo del tipo de coagulante empleado, así que, cuando se utilizó cuajo (enzima liofilizada) la temperatura de la leche debía estar entre 35°C y 45°C; cuando se utilizó ácido cítrico y ácido acético la temperatura debía estar entre 70°C a 85°C.
  - Se agregó el cloruro de calcio a la leche con una concentración de 0.2 gramos por litro.
  - Adición del coagulante: En esta parte del proceso se agregó a la muestra de leche la concentración indicada para cada tipo de coagulante.
  - Se midió el tiempo de cuajada, el cual dependió del tipo de coagulante empleado.
  - Se desueró y se moldeó con la ayuda de una manta para este efecto. El prensado se hizo mediante un peso y tiempo constante aplicado a cada cuajada obtenida para garantizar un mismo desuerado.
  - El baño de agua fría, para eliminar el residuo de suero y así poder llevar la cuajada a una temperatura de 6 a 10°C, se llevó a cabo a cada una de las muestras de cuajada.
  - Se pesó la cuajada obtenida y se registró el peso en la hoja de registros.

ANEXO 5. DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA LECHE DE SOYA



Fuente: FAO. (2010). *Capítulo 8: Leche de Soya*. Recuperado el 18 de mayo de 2017, de http://www.fao.org/docrep/t0532e/t0532e09.htm

ANEXO 6. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE QUESO DE SOYA



Fuente: Braverman, V., 2,004.

ANEXO 7. CLASIFICACIÓN DE LOS ALIMENTOS DERIVADOS DE LA SOYA

Alimentos	Características de los productos	Contenido de nutrientes
Tofu	Producto suave, blando, semejante al queso.	Proteínas 10-15%, grasas 5-9%, contiene isoflavonas.
Bebida de soya	Disponible en polvo o líquida y puede sustituir la leche de vaca en recetas.	Baja en grasa, descremada, fortificada y saborizada.
Harina de soya tradicional con grasa	De soya integral o descascarada.	Alto contenido proteico 40-45%, grasas 15-20%.
Miso	Pasta de soya integral fermentada y añejada o combinada con trigo, cebada o arroz.	Alto contenido de sodio.
Harina de soya desgrasada	Producto de la trituración y extracción de la grasa con solventes.	Proteína 42-54%, grasa 0.5-1%, carbohidratos 30-35%
Harina de soya texturizada	Extensor de la carne de bajo costo.	Proteína: cantidad alta y variable.
Concentrado de soya	Proceso de refinación más moderno, que remueve sustancias, incluyendo las responsables de la flatulencia.	Proteína: 65-70%. Su contenido de isoflavonas depende del proceso.
Aislado de proteína de soya	Se fabrica a partir de la hojuela desgrasada.	Proteína pura: 90-92%, grasa 0.5-1%
Alternativas de productos cárnicos	Hamburguesas, salchichas y embutidos hechos de tofu u otros ingredientes.	Contenido nutritivo variado.
Alternativas de productos lácteos	De la bebida de soya se elabora: queso, yogur y helado de soya.	Varía con el producto.

Fuente: Asociación Americana de Soya, 1996. P. 98

ANEXO 8. RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Escuela de Zootecnia
Unidad de Alimentación Animal

FORMULARIO BROMATO 7
INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS

BROMATOLOGÍA
Análisis de alimentos para animales
Edificio M6, 2° Nivel, Ciudad Universitaria zona 12
Ciudad de Guatemala
Telefax: 24188307 Teléfono: 24188300 ext. 84119
E-mail: bromato2000@yahoo.es

Solicitado por: SINDY ORTIZ. Dirección CIUDAD, GUATEMALA. No. 370

Fecha de recibida la muestra: 05-10-2017. Fecha de realización: DEL 09 -AL 13-10-2017.

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	PROTEINA %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D %	Lignina %	Dig. Pepsina %	PH	TND %	E.B. Kcal/g
605	MUESTRA 233 LECHE DE SOYA RELACIÓN 1:7	SECA	95.54	4.46	24.06	3.21	60.55	6.41	5.78	----	----	----	----	----	----	----	----	----
		COMO ALIMENTO	----	----	1.07	0.14	2.70	0.29	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
606	MUESTRA DE QUESO E 2 ACIDO ACETICO SOLUCION 7%	SECA	82.14	17.86	32.63	0.00	60.73	2.90	4.29	----	----	----	----	----	----	----	----	----
		COMO ALIMENTO	----	----	5.83	0.00	10.85	0.52	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
607	MUESTRA DE QUESO E 1 ACIDO CITRICO 4 G.	SECA	82.74	17.26	30.67	0.00	60.23	4.32	5.36	----	----	----	----	----	----	----	----	----
		COMO ALIMENTO	----	----	5.30	0.00	10.40	0.75	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
----	----------	SECA	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
		COMO ALIMENTO																

OBSERVACIONES:
Dichos resultados fueron calculados en base a materia seca total y fresca. Se prohibe la producción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al teléfono 24188307.

TOTAL DE MUESTRAS REPORTADAS EN ESTA HOJA 3

T. L. José A. Morales S.
Laboratorista

Lic. Miguel Ángel Rodenas
Jefe Laboratorio de Bromatología

Resultados 2017/370
18/10/17

ANEXO 9. DISTRIBUCIÓN DE F AL NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 5%

V2 \ V1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.40	199.50	215.70	224.60	230.20	234.00	236.80	238.90	240.50
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22
30	4.17	2.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12
60	4.00	3.10	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96
A	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88

Fuente: Ronald A. Fisher y Frank Yates, (s.f.). Statiscal Tables for Biologcal, Agricultural, and Medical Research, 4a. ed., Oliver & Boyd, Edimburgo.

ANEXO 10. PUNTOS PORCENTUALES DE LA DISTRIBUCIÓN DE RANGOS ESTUDIANTIZADOS: VALORES DE q (0.05; K,V)

Grados de libertad (v)	Número de Tratamientos (k)								
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	18.00	27.00	32.80	37.10	40.40	43.10	45.40	47.30	49.10
2	6.09	8.33	9.80	10.89	11.73	12.43	13.03	13.99	13.99
3	4.50	5.91	6.82	7.50	8.04	8.47	8.85	9.18	9.46
4	3.93	5.04	5.76	6.29	6.71	7.06	7.35	7.60	7.83
5	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99
6	3.46	4.34	4.90	5.31	5.63	5.89	6.12	6.32	6.49
7	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.59	5.80	5.99	6.15
8	3.26	4.01	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92
9	3.20	3.95	4.42	4.76	5.02	5.24	5.43	5.60	5.74
10	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60
11	3.11	3.82	4.28	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49
12	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.40
13	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32
14	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25
15	3.01	3.67	4.08	4.37	4.60	4.78	4.94	5.08	5.20
16	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15
17	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11
18	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.83	4.96	5.07
19	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.64	4.79	4.92	5.04
20	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01
24	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92
30	2.89	3.49	3.84	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.83
40	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.74
60	2.83	3.40	3.74	3.98	4.16	4.31	4.44	4.55	4.65
120	2.80	3.36	3.69	3.92	4.10	4.24	4.36	4.47	4.56
A	2.77	3.31	3.63	3.86	4.03	4.17	4.29	4.39	4.47

Fuente: Ronald A. Fisher y Frank Yates, (s.f.). Statiscal Tables for Biologcal, Agricultural, and Medical Research, 4a. ed., Oliver & Boyd, Edimburgo.

16. APÉNDICES

APÉNDICE 1. RESULTADOS DE LA ESTANDARIZACIÓN DE LA LECHE DE SOYA.

1) RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL COLOR

Resultados de la evaluación de los 28 panelistas.

COLOR			
	TRATAMIENTOS		
PANELISTAS	179	239	233
1	7	6	5
2	7	7	7
3	6	7	6
4	7	7	6
5	6	6	7
6	6	6	6
7	6	6	6
8	6	5	5
9	7	7	7
10	6	5	4
11	6	6	7
12	7	7	6
13	6	6	6
14	6	6	6
15	4	4	4
16	4	4	5
17	6	6	7
18	5	6	7
19	6	6	7
20	5	6	7
21	6	6	6
22	7	5	6
23	4	5	6
24	7	7	7
25	5	5	5
26	6	7	6
27	6	7	6
28	6	6	7

Fuente: elaboración propia, 2017.

Resultados de la evaluación del color

Resultados (COLOR)

Tratamientos	*Panelistas*	*Suma*	*Medias*	*Varianza*
179	28	166	5.928571429	0.80952381
239	28	167	5.964285714	0.77645503
233	28	170	6.071428571	0.80952381

Fuente: elaboración propia, 2017.

Resultados del análisis de varianza de la evaluación del color

ANÁLISIS DE VARIANZA (COLOR)

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Tratamientos	0.3095	2	0.154761905	0.193815	0.82419	3.10931
Error	64.6785	81	0.798500882			
Total	64.9881	83				

Fuente: elaboración propia, 2017.

Según la tabla anterior no existe diferencia significativa entre los tratamientos (muestras) de leche de soya en cuanto al color.

2) RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL OLOR

Resultados de la evaluación de los 28 panelistas.

OLOR			
	TRATAMIENTOS		
PANELISTAS	179	239	233
1	5	6	5
2	6	6	7
3	5	6	5
4	6	7	6
5	1	3	6
6	6	5	5
7	6	6	6
8	5	5	5
9	6	7	7
10	6	5	5
11	3	3	6
12	6	6	7
13	6	6	6
14	5	5	5
15	5	5	5
16	5	4	7
17	7	6	5
18	4	5	7
19	5	6	7
20	6	5	7
21	6	6	6
22	6	5	7
23	6	6	7
24	6	6	6
25	6	4	2
26	7	5	5
27	5	5	4
28	6	3	6

Fuente: elaboración propia, 2017.

Resultados de la evaluación del olor

Resultados (OLOR)

Tratamientos	*Panelistas*	*Suma*	*Medias*	*Varianza*
179	28	152	5.42857143	1.43915344
239	28	147	5.25	1.15740741
233	28	162	5.78571429	1.35978836

Fuente: elaboración propia, 2017.

Resultados del análisis de varianza de la evaluación del olor

ANÁLISIS DE VARIANZA (OLOR)

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Tratamientos	4.16666667	2	2.08333333	1.579739	0.2123099	3.1093105
Error	106.821429	81	1.31878307			
Total	110.988095	83				

Fuente: elaboración propia, 2017.

Según la tabla anterior no existe diferencia significativa entre los tratamientos (muestras) de leche en cuanto al olor.

3) RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL SABOR

Resultados de la evaluación de los 28 panelistas.

SABOR			
	TRATAMIENTOS		
PANELISTAS	179	239	233
1	7	6	4
2	4	5	6
3	5	4	4
4	7	7	6
5	6	6	6
6	3	3	4
7	5	5	6
8	5	4	4
9	7	6	7
10	4	4	6
11	4	6	7
12	7	6	6
13	6	6	5
14	4	5	7
15	6	6	6
16	3	4	6
17	7	5	6
18	1	6	7
19	6	6	7
20	5	6	4
21	3	5	4
22	3	5	6
23	2	3	6
24	5	5	5
25	4	5	6
26	6	3	7
27	3	4	4
28	4	5	6

Fuente: elaboración propia, 2017.

Resultados de la evaluación del Sabor

Resultados (SABOR)

Tratamientos	*Panelistas*	*Suma*	*Medias*	*Varianza*
179	28	132	4.71428571	2.73015873
239	28	141	5.03571429	1.1468254
233	28	158	5.64285714	1.2010582

Fuente: elaboración propia, 2017.

Resultados del análisis de varianza de la evaluación del sabor

ANÁLISIS DE VARIANZA (SABOR)

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Tratamientos	12.452381	2	6.22619048	3.678301	0.029577	3.1093105
Error	137.107143	81	1.69268078			
Total	149.559524	83				

Fuente: elaboración propia, 2017.

Existe diferencia significativa entre los tratamientos (muestras) de leche de soya en cuanto al sabor, por lo que, se procede a realizar la prueba estadística de Tukey.

Resultados de la Prueba de Tukey

Diferencia Media Significativa (DMS):

$$DMS = Q\alpha * E.E. = Q\alpha * \sqrt{\frac{CMerror}{n}}$$

Dónde:

$Q\alpha =$ Valor crítico de la prueba de Tukey

$CMerror$ = cuadrado medio del error

n = número de datos

$$DMS = 3.36 * \sqrt{\frac{1.6926808}{28}} = 0.83$$

Resultados de las diferencias entre medias

Tratamientos	Medias	E.E.	DMS		
233	5.64	0.24587	0.83	a	
239	5.03	0.24587	0.83		b
179	4.71	0.24587	0.83		b

Fuente: elaboración propia, 2017

Entre los tratamientos 179 y 239 no se encuentra diferencia, puesto que, el resultado de la diferencia entre medias es menor que el valor de DMS, por lo tanto, se dice que son iguales.

La muestra que presenta la mayor diferencia es la muestra 233 que corresponde a la leche Dairy de soya elaborada con una relación de 1:7 de soya y agua, por lo que se recomienda utilizar éste tipo de leche para los posteriores análisis de coagulantes.

4) RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA APARIENCIA

Resultados de la evaluación de los 28 panelistas

APARIENCIA			
	TRATAMIENTOS		
PANELISTAS	179	239	233
1	6	5	5
2	7	6	7
3	6	7	7
4	7	6	6
5	7	7	7
6	5	5	5
7	6	6	6
8	4	4	5
9	6	6	6
10	6	5	5
11	4	4	6
12	6	7	7
13	6	6	6
14	6	7	7
15	7	7	7
16	6	4	7
17	5	6	7
18	2	5	7
19	6	6	7
20	6	5	7
21	6	6	6
22	7	5	6
23	4	4	6
24	7	7	7
25	4	5	6
26	5	7	6
27	7	7	7
28	4	5	3

Fuente: elaboración propia, 2017

Resultados de la evaluación de la apariencia

Resultados (APARIENCIA)

Tratamientos	*Panelistas*	*Suma*	*Medias*	*Varianza*
179	28	158	5.64285714	1.5714286
239	28	160	5.71428571	1.1005291
233	28	174	6.21428571	0.9153439

Fuente: elaboración propia, 2017

Resultados del análisis de varianza de la evaluación de la apariencia

ANÁLISIS DE VARIANZA (APARIENCIA)

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Tratamientos	5.428571	2	2.714286	2.2699	0.109856	3.109310
Error	96.85714	81	1.195767			
Total	102.2857	83				

Fuente: elaboración propia, 2017

Según la tabla anterior no existe diferencia significativa entre los tratamientos de leche de soya en cuanto a la apariencia.

APÉNDICE 2. RESULTADOS DE RENDIMIENTOS DE CUAJADA DE SOYA

1) RESULTADOS DE RENDIMIENTOS UTILIZANDO CUAJO

Para la evaluación con cuajo se aplicaron cinco tratamientos, los cuales fueron observados a diferentes tiempos, obteniendo los siguientes resultados.

Resultados obtenidos en la observación utilizando cuajo

Tratamiento	Tiempo	Observación
1.5 gramos de cuajo	30 min. 60 min. 120 min. 24 horas	Se observó a los tiempos indicados y se concluye que no tuvo ningún tipo de reacción, es decir, no hay presencia de cuajada de soya.
2.0 gramos de cuajo	30 min. 60 min. 120 min. 24 horas	Se observó a los tiempos indicados y se concluye que no tuvo ningún tipo de reacción, es decir, no hay presencia de cuajada de soya.
2.5 gramos de cuajo	30 min. 60 min. 120 min. 24 horas	Se observó a los tiempos indicados y se concluye que no tuvo ningún tipo de reacción, es decir, no hay presencia de cuajada de soya.
3.0 gramos de cuajo	30 min. 60 min. 120 min. 24 horas	Se observó a los tiempos indicados y se concluye que no tuvo ningún tipo de reacción, es decir, no hay presencia de cuajada de soya.
3.5 gramos de cuajo	30 min. 60 min. 120 min. 24 horas	Se observó a los tiempos indicados y se concluye que no tuvo ningún tipo de reacción, es decir, no hay presencia de cuajada de soya.

Fuente: elaboración propia, 2017.

El coagulante lácteo, cuajo (enzima liofilizada), no presenta reacción en la leche de soya para formar una cuajada de soya, a leche de soya siguió líquida sin presencia de cuajadas aún tiempo después de adicionado el cuajo.

2) RESULTADOS DE RENDIMIENTOS UTILIZANDO ÁCIDO CÍTRICO

Se llevaron a cabo cinco tratamientos a diferentes concentraciones de ácido cítrico en la leche de soya con cuatro repeticiones, lo cual, hizo un total de veinte observaciones, mismas que fueron analizadas mediante el método estadístico de bloques al azar.

Resultados de las observaciones con los diferentes tratamientos utilizando ácido cítrico.

TIPO DE COAGULANTE: ÁCIDO CÍTRICO PRUEBAS DE RENDIMIENTO					
	TRATAMIENTOS (Resultados de rendimiento en gramos)				
REPETICIONES	A1	B1	C1	D1	E1
I	115	125	147	151	177
II	110	128	156	159	180
III	105	135	151	153	190
IV	117	141	150	161	178

Fuente: elaboración propia, 2017.

Resultados de los tratamientos con ácido cítrico

Tratamientos	*Repeticiones*	*Suma*	*Medias*	*Varianza*
A1	4	447	111.75	28.916
B1	4	529	132.25	51.583
C1	4	604	151	14
D1	4	624	156	22.666
E1	4	725	181.25	35.583

Fuente: elaboración propia, 2017.

En la tabla anterior se puede observar que la muestra que refleja el mayor rendimiento de cuajada según su media es el tratamiento E1, que tiene una media igual a 181.25 gramos de cuajada de soya por litro de leche de soya utilizando 4 gramos de ácido cítrico.

Resultados del análisis de varianza de la evaluación del rendimiento de los tratamientos con ácido cítrico

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuentes de variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Cuadrados medios*	*Fcal.*	*Probabilidad*	*Ftab.*
Tratamientos	10914.7	4	2728.675	92.367	6.60034E-09	3.26
Bloques	103.75	3	34.5833	1.1706	0.361542499	3.49
Error	354.5	12	29.54167			
Total	11372.95	19				

Fuente: elaboración propia, 2017.

El análisis de varianza indica que existe diferencia significativa entre los tratamiento utilizando ácido cítrico, puesto que, F calculada = 92.366 es mayor que F tabulada = 3.26. Asimismo, la probabilidad igual a 0.000000006 es menor que α = 0.05, para un nivel de confianza del 95%, lo cual, también indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo tanto, se procedió a realizar una prueba de Tukey de comparación entre medias.

Del mismo modo, el análisis muestra los resultados de los bloques, lo cual indica, que no existe diferencia significativa entre bloques, pues F calculada=1.17 es menor que Ftabulada=3.49 y una probabilidad igual a 0.36, que es mayor a α = 0.05.

Resultados de la Prueba de Tukey

Diferencia Media Significativa (DMS):

$$DMS = Q\alpha * E.E. = Q\alpha * \sqrt{\frac{CMerror}{n}}$$

$$DMS = 4.51 * \sqrt{\frac{29.5416667}{4}} = 12.2564$$

Resultados de las diferencias entre medias aplicando la prueba de Tukey

Tratamientos	Medias	E.E.	DMS				
E1	181.25	2.72	12.2564	a			
D1	156	2.72	12.2564		b		
C1	151	2.72	12.2564		b		
B1	132.25	2.72	12.2564			c	
A1	111.75	2.72	12.2564				d

Fuente: elaboración propia, 2017

Los resultados de la prueba de Tukey reflejan que existe diferencia entre los tratamientos, sin embargo, en los tratamientos C1 y D1 no hay diferencias, por lo que, se dice que son iguales, es decir, tienden a dar los mismos resultados de cuajada de soya.

3) RESULTADOS DE RENDIMIENTOS UTILIZANDO ÁCIDO ACÉTICO

Se llevaron a cabo cinco tratamientos a diferentes concentraciones de ácido acético en la leche de soya con cuatro repeticiones, lo cual, hizo un total de veinte observaciones, mismas que fueron analizadas mediante el método estadístico de bloques al azar.

Resultados de las observaciones con los diferentes tratamientos utilizando ácido acético

TIPO DE COAGULANTE: ÁCIDO ACÉTICO PRUEBAS DE RENDIMIENTOS					
	TRATAMIENTOS (Resultados de rendimiento en gramos)				
REPETICIONES	A2	B2	C2	D2	E2
I	41	52	87	115	123
II	50	53	54	99	166
III	49	61	72	105	119
IV	43	58	79	97	168

Fuente: elaboración propia, 2017.

Resultados de los tratamientos con ácido acético

Tratamientos	*Repeticiones*	*Suma*	*Medias*	*Varianza*
A2	4	183	45.75	19.5833333
B2	4	224	56	18
C2	4	292	73	198
D2	4	416	104	65.3333333
E2	4	576	144	708.666667

Fuente: elaboración propia, 2017.

En la tabla anterior se puede observar que la muestra que refleja el mayor rendimiento de cuajada según su media es el tratamiento E2, que tiene una media igual a 144 gramos de cuajada de soya por litro de leche de soya utilizando cinco mililitros de una solución al 7% de ácido acético.

Resultados del análisis de varianza de la evaluación del rendimiento de los tratamientos con ácido acético.

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuentes de variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Cuadrados medios*	*Fcal.*	*Probabilidad*	*Ftab.*
Tratamientos	25466.2	4	6366.55	26.63	6.88804E-06	3.26
Bloques	159.75	3	53.25	0.223	0.878762285	3.49
Error	2869	12	239.083			
Total	28494.95	19				

Fuente: elaboración propia, 2017.

El análisis de varianza indica que existe diferencia significativa entre los tratamiento utilizando ácido cítrico, puesto que, F calculada = 26.629 es mayor que F tabulada = 3.26. Asimismo, la probabilidad igual a 0.0000068 es menor que $\alpha = 0.05$, para un nivel de confianza del 95%, lo cual, también indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo tanto, se procedió a realizar una prueba de Tukey de comparación entre medias.

Del mismo modo, el análisis muestra los resultados de los bloques, lo cual indica, que no existe diferencia significativa entre bloques, pues F calculada=0.22 es menor que Ftabulada=3.49 y una probabilidad igual a 0.87, que es mayor a α = 0.05.

Resultados de la Prueba de Tukey

Diferencia Media Significativa (DMS):

$$DMS = Q\alpha * E.E. = Q\alpha * \sqrt{\frac{CMerror}{n}}$$

$$DMS = 4.51 * \sqrt{\frac{239.083333}{4}} = 34.8675$$

Resultados de las diferencias entre medias aplicando la prueba de Tukey

Tratamientos	Medias	E.E.	DMS			
E2	144	7.73	34.8675	a		
D2	104	7.73	34.8675		b	
C2	73	7.73	34.8675		b	c
B2	56	7.73	34.8675			c
A2	45.75	7.73	34.8675			c

Fuente: elaboración propia, 2017

Los resultados de la prueba de Tukey reflejan que no existe diferencia entre los tratamientos A2, B2 y C2, puesto que se consideran iguales, al igual que las muestras C2 y D2. Sin embargo, el tratamiento que presenta diferencia con todos los anteriores, es el tratamiento E2, por lo tanto, se dice que tienden a dar los mejores resultados de cuajada de soya.

4) RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN ENTRE LOS TRATAMIENTOS QUE PRESENTARON MEJORES RENDIMIENTOS

Los tratamientos que presentaron los mejores rendimientos fueron: el tratamiento E1 y E2 que corresponden a utilizar 4 gramos de ácido cítrico y cinco mililitros de ácido acético al 7% respectivamente por cada litro de leche.

Los resultados de los rendimientos de cuajada fueron analizados mediante el método de bloques al azar obteniéndose los siguientes resultados.

Resultados del análisis de varianza entre los tratamientos E1 y E2

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuentes de variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Cuadrados medios*	*Fcal.*	*Probabilidad*	*Ftab.*
Tratamientos	2775.125	1	2775.125	6.1606	0.0891	10.13
Bloques	881.375	3	293.79167	0.6522	0.6330	9.28
Error	1351.375	3	450.45833			
Total	5007.875	7				

Fuente: elaboración propia, 2017.

El análisis de varianza indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos E1 y E2 puesto que el valor de la F calculada = 6.16 es menor que el valor de la F tabulada = 10.13, y la probabilidad igual a 0.0891 la cual, es mayor que $\alpha = 0.05$ para un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, se dice que no hay diferencia en los rendimientos al aplicar cualquiera de los tratamientos.

APÉNDICE 3. RESULTADOS DE TIEMPOS DE CUAJADA

1) RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE CUAJADA UTILIZANDO ÁCIDO CÍTRICO

Se midieron los tiempos correspondientes a la aplicación de cada uno de los tratamientos con ácido cítrico, obteniendo los siguientes resultados:

Resultados de la medición de tiempos en minutos de los tratamientos con ácido cítrico

TIPO DE COAGULANTE: ÁCIDO CÍTRICO Tiempo de coagulación					
	TRATAMIENTOS (Resultados de tiempos en minutos)				
REPETICIONES	A1	B1	C1	D1	E1
I	25	26	25	28	33
II	25	25	27	27	34
III	26	27	26	26	35
IV	25	26	27	27	35

Fuente: elaboración propia, 2017

Resultados de la evaluación del tiempo de cuajada en minutos

Tratamientos	*Repeticiones*	*Suma*	*Medias*	*Varianza*
A1	4	101	25.25	0.25
B1	4	104	26	0.6667
C1	4	105	26.25	0.9167
D1	4	108	27	0.6667
E1	4	137	34.25	0.9167

Fuente: elaboración propia, 2017

Resultados del análisis de varianza para la evaluación del tiempo de cuajada con ácido cítrico

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuentes de variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Cuadrados medios*	*Fcal.*	*Probabilidad*	*Ftab.*
Tratamientos	217.5	4	54.375	73.3146	2.4963E-08	3.26
Bloques	1.35	3	0.45	0.60674	0.62320593	3.49
Error	8.9	12	0.74167			
Total	227.75	19				

Fuente: elaboración propia, 2017

El análisis de varianza indica que existe diferencia significativa entre los tiempos de los tratamientos evaluados, puesto que, la F calculada = 73.31 es mayor que F tabulada = 3.26 y una probabilidad de 0.000000025 la cual es menor que α = 0.05 para un nivel de confianza del 95%. Por lo que, se procedió a realizar un análisis de medias a través de la prueba de Tukey.

Resultados de la prueba de Tukey para la evaluación del tiempo de cuajada con ácido cítrico

Diferencia Media Significativa (DMS):

$$DMS = Q\alpha * E.E. = Q\alpha * \sqrt{\frac{CMerror}{n}}$$

$$DMS = 4.51 * \sqrt{\frac{0.74166667}{4}} = 1.9417$$

Resultados de las diferencias entre medias aplicando la prueba de Tukey

Tratamientos	Medias	E.E.	DMS		
E1	34.25	0.4306	1.9417	a	
D1	27	0.4306	1.9417		b
C1	26.25	0.4306	1.9417		b
B1	26	0.4306	1.9417		b
A1	25.25	0.4306	1.9417		b

Fuente: elaboración propia, 2017

Los resultados de la prueba de Tukey indican que los tiempos de cuajada para los tratamientos A1, B1, C1 y D1 son iguales, es decir, no reflejan ninguna diferencia estadística puesto que la diferencia entre sus medias es menor a DMS. Por el contrario el tiempo en el tratamiento E1 es diferente a los demás, y su media es mayor, lo cual indica que para cuajar un litro de leche utilizando cuatro gramos de ácido cítrico se necesitan 33-35 minutos.

2) RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE CUAJADA UTILIZANDO ÁCIDO ACÉTICO

Se midieron los tiempos correspondientes a la aplicación de cada uno de los tratamientos con ácido acético, obteniendo los siguientes resultados:

Resultados de la medición de tiempos en minutos de los tratamientos con ácido acético

TIPO DE COAGULANTE: ÁCIDO ACÉTICO Tiempo de coagulación					
	TRATAMIENTOS (Resultados de rendimiento en gramos)				
REPETICIONES	A2	B2	C2	D2	E2
I	72	71	75	76	77
II	70	72	76	77	78
III	71	70	75	79	80
IV	70	70	78	80	79

Fuente: elaboración propia, 2017

Resultados de la evaluación del tiempo de cuajada en minutos

Tratamientos	*Repeticiones*	*Suma*	*Medias*	*Varianza*
A2	4	283	70.75	0.9167
B2	4	283	70.75	0.9167
C2	4	304	76	2
D2	4	312	78	3.3333
E2	4	314	78.5	1.6667

Fuente: elaboración propia, 2017

Resultados del análisis de varianza para la evaluación del tiempo de cuajada con ácido acético

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuentes de variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Cuadrados medios*	*Fcal.*	*Probabilidad*	*Ftab.*
Tratamientos	232.7	4	58.175	31.0266	3.0394E-06	3.26
Bloques	4	3	1.3333	0.71111	0.56383169	3.49
Error	22.5	12	1.875			
Total	259.2	19				

Fuente: elaboración propia, 2017

El análisis de varianza indica que existe diferencia significativa entre los tiempos de los tratamientos evaluados, puesto que, la F calculada = 31.026 es mayor que F tabulada = 3.26 y una probabilidad de 0.000003 la cual es menor que α = 0.05 para un nivel de confianza del 95%. Por lo que, se procedió a realizar un análisis de medias a través de la prueba de Tukey.

Resultados de la prueba de Tukey para la evaluación del tiempo de cuajada con ácido acético

Diferencia Media Significativa (DMS):

$$DMS = Q\alpha * E.E. = Q\alpha * \sqrt{\frac{CMerror}{n}}$$

$$DMS = 4.51 * \sqrt{\frac{1.875}{4}} = 3.086$$

Resultados de las diferencias entre medias aplicando la prueba de Tukey

Tratamientos	Medias	E.E.	DMS		
E2	78.5	0.6846	3.086	a	
D2	78	0.6846	3.086	a	
C2	76	0.6846	3.086	a	
B2	70.75	0.6846	3.086		b
A2	70.75	0.6846	3.086		b

Fuente: elaboración propia, 2017

Los resultados de la prueba de Tukey indican que los tiempos de cuajada para los tratamientos A2 y B2 son iguales, así como C2, D2 y E2 también son iguales, es decir, no reflejan ninguna diferencia estadística puesto que la diferencia entre sus medias es menor a DMS. Por lo tanto, se dice que para cuajar un litro de leche utilizando cinco mililitros de una solución de ácido acético al 7% se tomará un tiempo estimado entre 77 – 80 minutos.

3) COMPARACIÓN DE LOS TIEMPOS DE CUAJADA EN LOS TRATAMIENTOS E1 Y E2

Se llevó a cabo la comparación de tiempos de cuajada entre los tratamientos E1 y E2, los cuales, dieron los siguientes resultados.

Resultados de tiempos de cuajada de los tratamientos E1 y E2

Tratamientos	*Repeticiones*	*Suma*	*Medias*	*Varianza*
E1	4	137	34.25	0.9167
E2	4	314	78.5	1.6667

Fuente: elaboración propia, 2017

Resultados del análisis de varianza

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuentes de variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Cuadrados medios*	*Fcal.*	*Probabilidad*	*Ftab.*
Tratamientos	3916.125	1	3916.125	31329	3.9765E-07	10.13
Bloques	7.375	3	2.45833	19.6667	0.01780477	9.28
Error	0.375	3	0.125			
Total	3923.875	7				

Fuente: elaboración propia, 2017

Los resultados del análisis de varianza muestran que existe diferencia significativa entre los tiempos de los tratamientos puesto que F calculada = 31329 es mayor que F tabulada = 10.13, y una probabilidad de 0.0000004, la cual es menor que $\alpha = 0.05$ para un nivel de confianza del 95%. Por lo que se procedió a realizar una prueba de Tukey.

Resultados de la prueba de Tukey

Diferencia Media Significativa (DMS):

$$DMS = Q\alpha * E.E. = Q\alpha * \sqrt{\frac{CMerror}{n}}$$

$$DMS = 4.5 * \sqrt{\frac{0.125}{4}} = 0.7956$$

Resultados de las diferencias entre medias aplicando la prueba de Tukey

Tratamientos	Medias	E.E.	DMS		
E2	78.5	0.1767	0.7956	a	
E1	34.25	0.1767	0.7956		b

Fuente: elaboración propia, 2017

La prueba de Tukey indica que hay diferencia entre ambas muestras, por lo tanto, sus tiempos de cuajada no son iguales.

APÉNDICE 4. EVALUACIÓN DE RENDIMIENTOS EN PORCENTAJES EN ALGUNAS ETAPAS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE QUESO DE SOYA

Los rendimientos de algunas etapas en el proceso de elaboración de queso de soya son basados en los resultados obtenidos en esta investigación, los procedimientos fueron realizados mediante balances como se muestran en el Anexo 9, página 82.

1) RENDIMIENTO APROXIMADO DE SOYA HIDRATADA POR GRAMOS DE SOYA NO HIDRATADA

Para el cálculo del rendimiento en porcentaje de soya hidratada por soya no hidratada empleada en el proceso de remojo se procede de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{Rendimiento = \frac{Gramos\ de\ soya\ hidratada}{Gramos\ de\ soya\ no\ hidratados} * 100}$$

Tabla 28. ***Rendimiento aproximado de gramos de soya hidratada por gramos de soya no hidratada (con tiempo de remojo de 10 horas)***

Peso en gramos de soya no hidratada	Peso en gramos de soya hidratada	Relación soya hidratada/soya no hidratada	Rendimiento %
100	160	1.60	160

Fuente: elaboración propia, 2017.

En la tabla anterior, se estimó el rendimiento según los resultados medidos de pesos de soya hidratada obtenida por gramos de soya original (sin hidratar) utilizada, remojada en solución alcalina durante 10 horas.

Cabe recordar que para la elaboración de la leche de soya la relación utilizada fue de 1:7, lo que según el procedimiento descrito en el Anexo 1, página 72-73, para la leche de soya con relación 1:7 por cada 100 gramos de soya hidratada se utilizan 700 mililitros de agua para el proceso del licuado del grano.

2) RENDIMIENTO APROXIMADO DE CUAJADA DE SOYA POR GRAMOS DE SOYA HIDRATADA

Para elaborar un litro de leche de soya se emplearon 143 gramos de soya hidrata durante 10 horas en una solución alcalina (con bicarbonato de sodio al 0.5%) y 1000 mililitros de agua (según relación 1:7). Para el cálculo del rendimiento basado en la cantidad de soya hidratada se procedió de la siguiente manera:

Rendimiento por gramos de soya hidratada:

$$\boldsymbol{Rendimiento = \frac{Gramos\ de\ cuajada\ de\ soya}{Gramos\ de\ soya\ hidratada} * 100}$$

Tabla 29. ***Resultados de los rendimientos por gramos de soya hidratada según los resultados promedios en masa de cuajada con los tratamiento E1 y E2***

Tratamiento	Peso en gramos de cuajada	Peso en gramos de soya hidratada	Relación cuajada/soya	Rendimiento %
E1	181.25	143	1.2675	126.75
E2	144.00	143	1.0070	100.70

Fuente: elaboración propia, 2017

Nota: el dato en gramos de soya hidratada de 143 representa los gramos empleados para obtener un litro de leche de soya para una relación 1:7.

La tabla anterior muestra los rendimientos en porcentajes, los cuales indican que el tratamiento E1, que se refiere a utilizar cuatro gramos de ácido cítrico presenta un rendimiento de 126.75% con relación a la cantidad en gramos de soya hidratada empleada para elaborar un litro de leche de soya, lo cual es mayor que el tratamiento E2 que presenta un rendimiento en porcentaje del 100.70%.

3) ESTIMACIONES DE RENDIMIENTO EN MASA DE CUAJADA DE SOYA MEDIANTE UN BALANCE DE MATERIA PARA EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE QUESO DE SOYA

La estimación de los rendimientos aproximados de cuajada de soya para los diversos tratamientos se puede realizar con los porcentajes de rendimientos obtenidos con esta investigación. De este modo, se presenta un ejemplo basado en 100 gramos de soya original (sin hidratar) y el rendimiento aproximado de cuajada de soya utilizando el tratamiento E1.

Tabla 30. ***Resultados de rendimientos y materiales durante el proceso de elaboración de queso de soya basado en 100 gramos de soya original (sin hidratar)***

Proceso de Hidratación					
Entradas			Salidas		
Soya (gramos)	Agua (gramos)	Bicarbonato de sodio (gramos)	Soya Hidratada (gramos)	Agua residual (gramos)	Descascarillado (gramos)
100	300	0.5	160	200	40.5

Fuente: elaboración propia, 2017.

Proceso de molienda			
Entradas		Salidas	
Soya hidratada (gramos)	Agua (gramos)	Leche de soya (ml)	Fibra u okara (gramos)
160	1131.2	1120	148.8

Fuente: elaboración propia, 2017.

Nota: la densidad de la leche es igual a 1.010g/ml

Proceso de coagulación				
Entradas			Salidas	
Leche de soya (gramos)	Cloruro de calcio (gramos)	Ácido cítrico (gramos)	Cuajada de soya (gramos)	Suero (gramos)
1131.20	0.224	4.48	203	932.904

Fuente: elaboración propia, 2017

En las tablas anteriores se muestran los rendimientos aproximados basados en 100 gramos de soya no hidratada, dichos procedimientos están basados en la relación del rendimiento promedio de un litro de leche de soya (con densidad=1.010g/ml) por cuajada de soya en gramos obtenida que es igual a 17.95% y también basado en un rendimiento de gramos de soya no hidrata por gramos de soya hidrata igual a 160%, los cuales permiten estimar los rendimientos aproximados de cuajada de soya para procesos a gran escala o industriales.

17. GLOSARIO

Aceptabilidad se define como capaz o digno de ser aceptado. La aceptación intrínseca de un producto alimentario es la consecuencia de la reacción del consumidor ante las propiedades físicas, químicas y texturales del mismo, es decir, su evaluación sensorial.

Aminoácido Compuesto orgánico nitrogenado que constituye el componente esencial de la molécula de proteína.

Carbohidratos Compuestos formados por átomos de carbono, hidrógeno y una menor cantidad de oxígeno.

Colonocito El colonocito oxida nutrientes por el siguiente orden de preferencia: ácidos grasos de cadena corta, principalmente butirato, cuerpos cetónicos, aminoácidos y por último, glucosa.

Cuajo Fermento para cuajar la leche y que existe principalmente en la mucosa del estómago de las crías de algunos animales mamíferos.

Enzimas liofilizadas Es una enzima que actúa desestabilizando a la caseína, o que da lugar a la formación de un “gel” o coágulo que engloba al suero y los glóbulos grasos en su interior.

Grasa Substancia formada por carbón, hidrógeno y oxígeno no soluble en agua.

Isoflavonas Son sustancias vegetales secundarias, que pueden actuar como estrógenos en el cuerpo y tener funciones protectoras. Los efectos de las isoflavonas son mucho menores en poder que las hormonas del estrógeno.

Leche normal (o tradicional) de soya

Hecho por la extracción con agua de la soya integral, utilizando gramos a la proporción de agua 1:5. Contiene proteína de aproximadamente 4%.

Leche dairy de soya Formulado con el fin de tener una composición más o menos similar a la de la leche de vaca. Tiene una relación de soya:agua de 1:7. El contenido de proteína es de 3.5% ligeramente edulcorada, contiene aceite añadido, sal. Puede contener una imitación de sabor a la leche de vaca.

Microorganismos Son organismos dotados de individualidad que presentan, a diferencia de las plantas y los animales, una organización biológica elemental.

Mineral Sustancia natural, homogénea, de origen inorgánico, de composición química definida (dentro de ciertos límites), posee unas propiedades características y, generalmente, tiene estructura de un cristal (forma cristalina).

Preferencia El término preferencia aparece como la primacía, ventaja o mayoría que alguien o algo tiene sobre otra persona o cosa, ya en el valor, ya en el merecimiento.

Proteína Macromoléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos.

Soya hidratada Se refiere a la soya que ha sido remojada durante un tiempo con agua para su hidratación.

Soya no hidratada Se refiere a la soya que no ha sido pasada por un proceso de remojo con agua.

Tofu	Es un alimento tradicional oriental. Sus ingredientes son soya, agua y un coagulante. Se prepara mediante la coagulación de la llamada leche de soya y su prensado.
Tofu firme	El tofu firme es mucho más sólido y mantiene mejor su forma haciéndose la mejor opción para marinar, saltear, asar y cocer.
Tofu blanco	Se obtiene por medio de un proceso ligeramente diferente de blanqueado. El resultado es un producto cremoso.

Mazatenango, Suchitepéquez, 24 de enero de 2,018

Comisión de Trabajo de Graduación
Ingeniería en Alimentos
Centro Universitario de Sur Occidente

Distinguidos Señores de la Comisión:

Nos dirigimos a ustedes para informar que como terna evaluadora del Trabajo de Graduación de la estudiante de la carrera de Ingeniería en Alimentos, Sindy Fernanda Waleska Ortíz Sosa, con número de carné: 200841263 y CUI: 1765817581008, hemos finalizado la revisión del documento de Seminario II, con el título **"Evaluación del rendimiento y tiempo de cuajada de tres coagulantes lácteos en queso de soya"**, el cual fue corregido y reúne los requisitos para su aprobación.

Sin otro particular, nos suscribimos de ustedes.

Atentamente,

Ing. Aldo Antonio De León Fernández

Ph.D. Marco Antonio Del Cid Flores

Inga. Aurora Carolina Estrada Elena

USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Mazatenango, 19 de abril de 2018

M.V. Edgar Roberto del Cid Chacón

Coordinador de carrera

Carrera de Ingeniería en Alimentos

CUNSUROC-USAC-.

Presente.

Le escribo cordialmente, deseándoles éxitos en sus labores diarias.

El motivo de la presente, es para informarle que la comisión de trabajo de graduación ha recibido el informe revisado de los asesores nombrados y las correcciones correspondientes de la terna evaluadora de seminario II, del trabajo de graduación titulado: **Evaluación del rendimiento y tiempo de cuajada de tres coagulantes lácteos en queso de soya.** De la estudiante: **Sindy Fernanda Waleska Ortíz Sosa**, quien se identifica con número de carné: **200841263.**

El documento antes mencionado presenta los requisitos establecidos de redacción y corrección, para que proceda con los trámites correspondientes.

Ing. En Ali. Marvin Manolo Sánchez López

Secretario de comisión de trabajo de graduación.

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario del Sur Occidente
Comite Trabajo de GRADUACION
Ingeniería en Alimentos
Mazatenango, Such.

USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Mazatenango, 11 de mayo de 2018

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano

Director del Centro Universitario del Sur Occidente

CUNSUROC-USAC

Presente.

Le escribo cordialmente, deseándoles éxitos en sus labores diarias.

De conformidad con el cumplimiento de mis funciones, como coordinador de la carrera de Ingeniería en Alimentos del Centro Universitario del Sur Occidente CUNSUROC-USAC-, he tenido a bien revisar el informe de trabajo de graduación titulado: **Evaluación del rendimiento y tiempo de cuajada de tres coagulantes lácteos en queso de soya.** El cual ha sido presentado por la estudiante: **Sindy Fernanda Waleska Ortíz Sosa**, quien se identifica con número de carné: **200841263.**

El documento antes mencionado llena los requisitos necesarios para optar al título de Ingeniera en Alimentos. En el grado académico de licenciada, por lo que solicito la autorización del imprímase.

Deferentemente.

M.V. Edgar Roberto del Cid Chacón

Coordinador

Carrera de Ingeniería en Alimentos

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Sur Occidente
Coordinador de Ingeniería en Alimentos
Mazatenango, Such.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-08-2018

DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE, Mazatenango, Suchitepéquez, treinta y uno de julio de dos mil dieciocho----------

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes de la Comisión de Tesis y del Secretario del comité de Tesis, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: **"EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y TIEMPO DE CUAJADA DE TRES COAGULANTES LÁCTEOS EN QUESO DE SOYA"** de **la** estudiante: **Sindy Fernanda Waleska Ortíz Sosa, CUI: 1765 81758 1008 de** la carrera **Ingeniería en Alimentos.**

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Dr. Guillermo Vinicio Tello Calo
Director – CUNSUROC -

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE
DIRECCIÓN
U.S.A.C. Mazatenango

/gris