



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE PROMOTORES DE
CRISTALIZACIÓN EN LA CONSISTENCIA Y PLASTICIDAD DE UNA
MANTECA INDUSTRIAL DE PANADERÍA DE ALTA ROTACIÓN DE LA
EMPRESA DANEC S.A.

AUTOR

Yadira Elizabeth Perugachi Mármol

AÑO

2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE PROMOTORES DE
CRISTALIZACIÓN EN LA CONSISTENCIA Y PLASTICIDAD DE UNA
MANTECA INDUSTRIAL DE PANADERÍA DE ALTA ROTACIÓN DE LA
EMPRESA DANEC S.A.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniera Agroindustrial y de Alimentos

Profesor Guía

MSc. Jimena Alegría Salvador Rodríguez

Autora

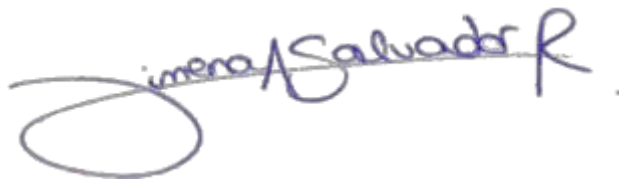
Yadira Elizabeth Perugachi Mármol

Año

2020

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, "Evaluación del efecto de la adición de promotores de cristalización en la consistencia y plasticidad de una manteca industrial de panadería de alta rotación de la empresa Danec S.A.", a través de reuniones periódicas con el estudiante Yadira Elizabeth Perugachi Mármol, en el semestre 202020, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



Jimena Alejandra Salvador Rodríguez Rodríguez

MSc. in Food Science

C.I 1711891497

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Evaluación del efecto de la adición de promotores de cristalización en la consistencia y plasticidad de una manteca industrial de panadería de alta rotación de la empresa Danec S.A., de Yadira Elizabeth Perugachi Mármol, en el semestre 202020, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



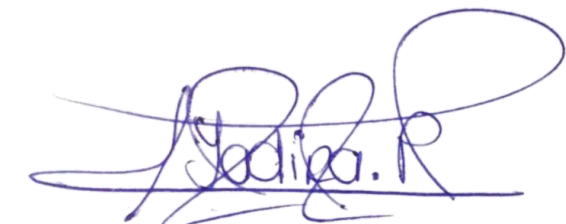
Katiuska Ferbel Alexandrino de Freitas

PhD en ingeniería Química y del Medio Ambiente

C.I. 1758666109

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”



Yadira Elizabeth Perugachi Mármol

Ci: 1724682743

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por darme fuerza y sabiduría para terminar esta etapa de mi vida.

A mis padres, abuelitos y amigos, por guiarme y acompañarme siempre.

A la empresa Danec S.A. por permitirme realizar mi trabajo de titulación, especialmente al departamento de Investigación y Desarrollo. Además, al Departamento de Metalurgia Extractiva (DEMEX) de la Escuela Politécnica Nacional.

Finalmente, a mis profesores y compañeros por todo su apoyo. A mi tutora Jimena Salvador y correctora Katuska Ferbel, por la orientación en este trabajo.

DEDICATORIA

A mi ángel Galo Mármol, quien me ha cuidado desde su partida.

A mis padres Milton y Doris por el amor incondicional que me han brindado siempre, gracias por impulsarme a conseguir todas mis metas, su esfuerzo y trabajo hoy se ve reflejado.

A mi abuelita Judith, por ser mi segunda madre y creer en mí, demostrándome que no existe edad para seguir trabajando por lo que amamos.

En especial a Roberto, por su comprensión, paciencia y amor. Por estar ahí cada día y cada noche apoyándome, para jamás rendirme durante todo este tiempo. Una persona importante que estará siempre en mi corazón.

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo la evaluación del uso de un promotor de cristalización (aceite de palma completamente hidrogenado) en la fabricación de mantecas industriales de panadería de alta rotación de la empresa Danec S.A, para lo cual, se utilizó estearina de palma, estearina de palma híbrida, aceite de palma, aceite de palma híbrida, teniendo como base la soja y el palmiste. Se realizaron análisis fisicoquímicos a las materias primas y las mantecas (índice de yodo, punto de fusión, contenido de grasa sólida y perfil de ácidos grasos) para cumplir con los parámetros de la empresa.

Con el penetrómetro se determinó la dureza en las mantecas en el día 1 y 130. Para el día 1, no se obtuvieron diferencias significativas para ninguno de los tratamientos, lo cual demostró que todas las mantecas fueron realizadas bajo los mismos parámetros. Pero, para el día 130 existieron diferencias significativas entre los tratamientos.

Se realizaron análisis descriptivos en las mantecas, comparando el día 1 y 130, con la ayuda de personal entrenado de la empresa, dando como resultado cambios significativos en cuanto a las características de dureza, grumosidad y plasticidad entre la media de los tratamientos.

Mediante un microscopio trinocular de luz polarizada, se analizó la estructura de cristales. Para la formulación de estearina de palma con aceite de palma, se obtuvieron cristales deformes de gran tamaño, mientras que, con la adición del promotor de cristalización, se redujo el tamaño de los cristales. En la formulación de estearina de palma con aceite de palma híbrida, los cristales presentaron forma circular y pequeños. Finalmente, en la formulación de estearina de palma híbrida con aceite de palma híbrida, los cristales tuvieron un tamaño medio y se encontraban dispersos. Al agregar el promotor de cristalización, los cristales incrementaron su tamaño, lo cual influenciaría en la consistencia de la manteca.

El uso del promotor de cristalización no mejoró la consistencia y plasticidad de las mantecas. Sin embargo, el aceite de palma híbrida ayudaría a obtener mantecas con mejores características, sin adicionar el promotor.

Palabras claves: mantecas, promotores cristalización, aceite de palma completamente hidrogenado, penetrómetro, cristales.

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the use of a crystallization promoter (fully hydrogenated palm oil) in the manufacture of industrial high rotation bakery shortening of the company Danec S.A., for which, palm stearin, hybrid palm stearin, palm oil, hybrid palm oil, based on soybean and palm kernel, were used. Physicochemical analyses were performed on raw materials and shortenings (iodine index, melting point, solid fat content and fatty acid profile) to meet the company's parameters.

The penetrometer was used to determine the hardness of the shortenings on day 1 and 130. By day 1, no significant differences were obtained for any of the treatments, which shows that all the shortenings were made under the same parameters. But, by day 130 there were significant differences between the treatments.

Descriptive analyses were carried out on the fats, comparing day 1 and day 130, with the help of trained personnel from the company. This resulted in significant changes in the characteristics of hardness, lumpiness and plasticity between the average of the treatments.

Using a trinocular polarized light microscope, the crystal structure was analyzed. For the formulation of palm stearin with oil palm, large deformed crystals were obtained, while with the addition of the crystallization promoter, the size of the crystals was reduced. In the formulation of palm stearin with hybrid oil palm, the crystals increased in size, which would influence the consistency of the shortening.

The use of the crystallization promoter did not improve the consistency and plasticity of the fats. However, the hybrid palm oil would help to obtain shortening with better characteristics, without adding the promoter.

Keywords: shortenings, crystallization promoters, fully hydrogenated palm, penetrometer, crystals.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. MARCO TEÓRICO.....	3
3.1. Lípidos.....	3
3.1.1. Triglicéridos	4
3.1.1.1. Ácidos grasos.....	5
3.2. Aceites	6
3.2.1. Aceite de soja	6
3.2.2. Aceite de palma.....	7
3.2.2.1. Morfología	7
3.2.2.2. Modificación genética.....	8
3.2.2.3. Composición química.....	8
3.2.2.4. Obtención de aceite de palma.....	9
3.2.2.5. Refinación del aceite de palma	9
3.2.2.6. Consumo a nivel mundial	10
3.2.3. Modificación de aceites	10
3.2.3.1. Fraccionamiento.....	10
3.2.3.2. Hidrogenación	11
3.2.3.3. Interesterificación	11
3.3. Análisis fisicoquímicos de las grasas y aceites.....	11
3.3.1.1. Punto de fusión	12
3.3.1.2. Índice de yodo.....	12
3.3.1.3. Contenido de grasa sólida.....	12
3.3.1.4. Perfil de ácidos grasos.....	13
3.4. Manteca vegetal	13
3.4.1. Clasificación.....	13
3.4.1.1. Mantecas para multipropósitos	14

3.4.1.2.	Mantecas fluidas	14
3.4.1.3.	Mantecas para panadería	14
3.4.2.	Proceso para obtención de manteca vegetal.....	15
3.4.3.	Factores que influyen en el producto terminado	16
3.4.3.1.	Composición	16
3.4.3.2.	Trabajo mecánico.....	17
3.4.4.	Cristalización y polimorfismo	17
3.4.4.1.	Tipos de cristales	18
3.4.4.2.	Análisis estructural de cristales	19
3.4.4.3.	Promotores de cristalización	19
3.4.5.	Análisis de consistencia.....	20
3.4.5.1.	Calificaciones de consistencia	20
3.4.5.2.	Penetración.....	21
3.5.	Danec S.A.	21
4.	METODOLOGÍA.....	22
4.1.	Materia prima	23
4.2.	Métodos	23
4.2.1.	Obtención de mantecas	23
4.2.2.	Análisis fisicoquímicos de materias primas y de mantecas	26
4.2.2.1.	Punto de fusión	26
4.2.2.2.	Índice de yodo.....	27
4.2.2.3.	Contenido de grasa sólida.....	27
4.2.2.4.	Perfil de ácidos grasos	28
4.2.3.	Análisis de las mantecas	29
4.2.3.1.	Análisis de dureza	29
4.2.3.2.	Análisis descriptivo de consistencia	30
4.2.3.3.	Análisis estructural de cristales	31
4.2.4.	Estadística	31
4.2.4.1.	Diseño experimental	31
4.2.4.2.	Factores	31
4.2.4.3.	Tratamientos	32
4.2.4.4.	Hipótesis	33
4.2.4.5.	Unidad experimental	34
4.2.4.6.	Adeva	34

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
5.1. Resultados de análisis fisicoquímicos de materias primas y de mantecas	34
5.2. Resultados de análisis de las mantecas.....	39
5.2.1. Análisis de dureza	39
5.2.2. Análisis descriptivos de consistencia.....	46
5.2.3. Análisis estructural de cristales.....	48
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
6.1. Conclusiones.....	53
6.2. Recomendaciones.....	54
REFERENCIAS.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ácidos grasos comunes en grasas y aceites.....	5
Tabla 2. Principales marcas de Danec S.A.	22
Tabla 3. Escala descriptiva de dureza, grumosidad y plasticidad.	30
Tabla 4. Factores y sus respectivos niveles.....	32
Tabla 5. Tratamientos y descripción del estudio.	32
Tabla 6. Características fisicoquímicas de las materias primas usadas.....	35
Tabla 7. Composición de los ácidos grasos (%) de las materias primas usadas	35
Tabla 8. Resultados de la composición de ácidos grasos (%) de las materias primas usadas comparado con varios autores.	37
Tabla 9. Análisis fisicoquímicos de los tratamientos.	38
Tabla 10. Composición de los ácidos grasos (%) de cada tratamiento.	39
Tabla 11. Análisis de dureza en el día 1.	40
Tabla 12. Análisis de varianza de penetrómetro en el día 1.....	41
Tabla 13. Análisis de dureza en el día 130.	42
Tabla 14. Análisis de varianza de penetrómetro en el día 130.....	43
Tabla 15. Análisis de Tukey en los tratamientos en el día 130.....	43
Tabla 16. Análisis descriptivo de consistencia en el día 1 y día 130.	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura general de un triglicérido.....	4
Figura 2. Fruto de palma.	8
Figura 3. Sistema de elaboración de mantecas vegetales.	15
Figura 4. Empaquetamiento geométrico dentro de las cadenas de los ácidos grasos de triglicéridos en cristales grasos.....	18
Figura 5. Cristales de grasa, A) cristales α , B) cristales β' , C) cristales β	19
Figura 6. Diagrama de flujo para la obtención de manteca vegetal.....	25
Figura 7. Proceso para la obtención de la manteca vegetal.....	26
Figura 8. Determinación de la dureza con un penetrómetro digital.	29
Figura 9. Proceso para determinar la consistencia en la manteca vegetal.	30
Figura 10. Dureza (en N) obtenida mediante el penetrómetro en el día 1 y en el día 130.	46
Figura 11. Análisis de cristales de la manteca elaborada usando estearina de palma con aceite de palma y (a) 0% de aceite de palma completamente hidrogenado, (b) 1% de aceite de palma completamente hidrogenado, (c) 3% de aceite de palma completamente hidrogenado con sus respectivas repeticiones.	48
Figura 12. Análisis de cristales de la manteca elaborada usando aceite de palma híbrida con estearina de palma y (a) 0% de aceite de palma completamente hidrogenado, (b) 1% de aceite de palma completamente hidrogenado, (c) 3% de aceite de palma completamente hidrogenado con sus respectivas repeticiones.	49
Figura 13. Análisis de cristales de la manteca elaborada usando aceite de palma híbrida con estearina de palma híbrida y (a) 0% de aceite de palma completamente hidrogenado, (b) 1% de aceite de palma completamente hidrogenado, (c) 3% de aceite de palma completamente hidrogenado con sus respectivas repeticiones.	50

1. INTRODUCCIÓN

Los seres humanos han utilizado los aceites (tanto de origen animal, como de origen vegetal) desde hace varios años, ya sea para la alimentación o como combustibles (Agüero, García y Catalán, 2015). Las grasas, al aportar 9 kilocalorías por gramo, constituyen la principal reserva energética del organismo (Zábala, Torres y Zárat, 2016).

El aceite de palma es una de las materias primas más utilizadas en la fabricación de aceites y grasas (Romero, Quintero y Hernández, 2014). Es usado para una gran variedad de productos, de los cuales se puede destacar a los aceites de cocina, margarinas, mantecas y en la industria oleoquímica para la elaboración de velas, grasas lubricantes y jabones (Agüero et al., 2015), siendo de gran interés para el desarrollo industrial.

Mediante la modificación del aceite de palma se pueden obtener mantecas vegetales. Estos son productos grasos, que se utilizan en la confitería, panadería y frituras (Mert y Demirkesen, 2015), contribuyendo con textura, aireación y cremosidad a los productos horneados (Shahidi, 2005).

Hasta octubre del 2019, las exportaciones en Ecuador de aceite crudo de palma fueron de 86.918 Tm, mientras que de manteca de palma fue de 951 Tm. Las exportaciones de la empresa Danec S.A. de aceite de palma hacia Colombia fue de 29.266 toneladas; y de aceite crudo fue de 5.084 toneladas, mientras que las importaciones fueron de 4.330 toneladas de aceite crudo de palma (López, 2019).

Industrial Danec S.A. se ha dedicado desde 1972 a la fabricación de productos derivados de aceite de palma. Las mantecas vegetales cubren un 80% de sus ventas por ser un producto de alta rotación. Sin embargo, en el año 2018 se presentaron 7 quejas por la plastificación y precipitación en sus mantecas, mientras que en el año 2019 existieron alrededor de 8 quejas. El uso de promotores de cristalización, como el aceite de palma completamente hidrogenado favorecería un cambio en la textura del producto terminado, obteniendo mejores mantecas y, consecuentemente, disminuyendo el número de quejas.

El tamaño y la estructura de los cristales tienen influencia en las características finales de las mantecas. Estos pueden afectar directamente a la grumosidad, plasticidad y consistencia final de la manteca. Los principales cristales que se encuentran presentes en las mantecas son los α , β y β' . Cada uno de estos cristales afectan favorable y desfavorablemente en el producto final (Shahidi, 2015). Las propiedades cristalinas, el comportamiento de cristalización y el punto de fusión, presentes en las mantecas, son importantes al momento de su aplicación en los alimentos. Las condiciones de cristalización y la composición lipídica intervienen en el tipo de cristal, la microestructura y la interacción entre los cristales (Jirasubkunakorn, Bell, Gordon y Smith, 2007).

Así, el presente trabajo tiene como finalidad analizar el uso del aceite de palma completamente hidrogenado como promotor de cristalización para mejora de las características fisicoquímicas de las mantecas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar las características de consistencia y plasticidad en una manteca industrial de panadería de alta rotación de la empresa Danec S.A. mediante la adición de promotores de cristalización

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la materia prima para la formulación y elaboración de una manteca.
- Analizar la naturaleza de los cristales formados a partir de la adición de promotores de cristalización.
- Determinar la dureza y untabilidad de las mantecas formuladas.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Lípidos

Los lípidos son sustancias orgánicas, constituidas por carbono, oxígeno e hidrógeno. No se solubilizan en agua, pero si en solventes orgánicos (González y Visentin, 2016).

Los lípidos se clasifican según su capacidad de saponificación; los lípidos saponificables, dentro de los cuales se encuentran triglicéridos, fosfolípidos y ceras y los lípidos insaponificables, que incluyen los esteroides, icosanoides,

pigmentos y vitaminas (Badui, 2020). Este trabajo se centra específicamente en los triglicéridos, ya que estos son los componentes mayoritarios de los aceites y grasas.

3.1.1. Triglicéridos

Los triglicéridos son “compuestos formados por tres ácidos grasos, los cuales están unidos a una molécula de glicerol” (Serrano y Calle, 2014), como se muestra en la figura 1.

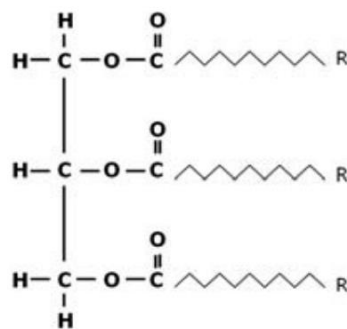


Figura 1. Estructura general de un triglicérido.

Tomado de Argüeso, Díaz, Díaz, Rodríguez y Castro, 2011

Los ácidos grasos son transformados en triglicéridos en el cuerpo, con el fin de facilitar el almacenamiento y transporte. La sangre sirve como medio de transporte de los triglicéridos, los mismos que están en forma de micelas y están estabilizadas por capas externas de fosfolípidos y proteína (Ramos, 2019).

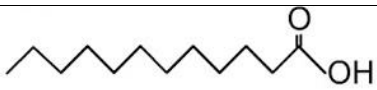
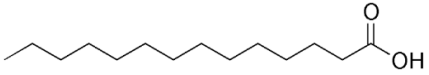
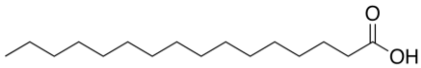
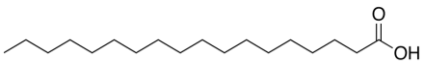
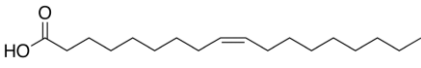
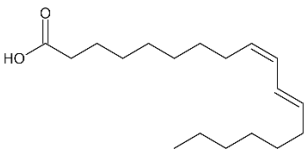
3.1.1.1. Ácidos grasos

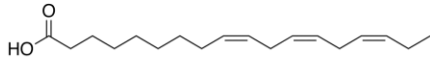
Los ácidos grasos están compuestos por átomos de carbono y un grupo carboxilo en su extremo (Escudero, Dayer, Mendoza, Saavedra y Escudero, 2016). Los ácidos grasos son cualquier ácido monocarboxílico alifático. Estos pueden ser liberados por hidrólisis de los triglicéridos. El producto de esta hidrólisis es utilizado en la industria alimenticia como aditivos (Fennema y Tannenbaum, 2019).

Los ácidos grasos se clasifican según su número de insaturación: los saturados, los cuales no contienen insaturaciones y los monoinsaturados y poliinsaturados, los cuales tienen insaturaciones (Fennema y Tannenbaum, 2019). En la tabla 1, se observan los ácidos grasos presentes en grasas y aceites.

Tabla 1.

Ácidos grasos comunes en grasas y aceites

Símbolo	Tipo de ácido graso	Nombre común	Nombre sistemático	Estructura
12:0	Saturado	Ácido láurico	Ácido dodecanoico	
14:0	Saturado	Ácido mirístico	Ácido tetradecanoico	
16:0	Saturado	Ácido palmítico	Ácido hezadecanoico	
18:0	Saturado	Ácido esteárico	Ácido octadecanoico	
18:1 n -9	Insaturado	Ácido oleico	Ácido 9-octadecenoico	
18:2 n -6	Insaturado	Ácido linoleico	Ácido 9,12-octadecadienoico	

18:3n-3	Insaturado	Ácido linolénico	Ácido 9,12,15- octadecadienoico	
---------	------------	---------------------	------------------------------------	--

Adaptado de Voet, Voet y Pratt, 2007

El punto de fusión de los ácidos grasos saturados incrementa según el peso molecular o el tamaño de la cadena de carbonos, mientras que en los ácidos grasos insaturados su punto de fusión disminuye cuando se incrementa el número de dobles enlaces (Badui, 2020). Por otro lado, se considera como ácidos grasos monoinsaturados aquellos que presentan un solo doble enlace en su cadena, proporcionándoles una unión flexible en su único doble enlace (Velásquez, 2006). Además, los ácidos grasos poliinsaturados suelen presentar cadenas largas, ya que están conformados por 14 o más átomos de carbono con varios dobles enlaces (García, Tuñón y González, 2015). Para determinar los ácidos grasos de un aceite, se utiliza el método de cromatografía de gases (Escudero et al., 2016).

3.2. Aceites

Existen innumerables semillas oleaginosas en la naturaleza, como por ejemplo, coco, palma, soja, maní, maíz, sésamo, cártamo, de las cuales se pueden obtener distintos tipos de aceites (Pons, 2015). En este trabajo se enfatizará en el aceite de soja y en el aceite de palma, ya que son las materias primas usadas para la fabricación de la manteca vegetal.

3.2.1. Aceite de soja

El aceite de soja es el resultado del prensado de la semilla de soja (*Glycine max*). Está compuesto por 53% de ácido linoleico, 22% de ácido oleico, 17% de ácido palmítico y 0,05% de ácido alfa linolénico. Entre sus principales funciones se

puede destacar su uso para cocinar y freír. Sin embargo, demuestra estabilidad térmica inferior al aceite de palma (Agüero et al., 2015).

El aceite de soja es uno de los aceites más consumidos a nivel doméstico. La calidad y funcionalidad son las razones por las que el consumidor prefiere este aceite. Además, son precursores de omega-3, omega-6 y vitamina E. Otro factor es su bajo costo (Karasulu et al., 2011).

3.2.2. Aceite de palma

La palma africana de aceite, de nombre científico *Elaeis guineensis*, es un cultivo perenne tropical originario de las costas del Golfo de Guinea en África Central y Occidental (Chavarro, Lozano, Coronado, Ochoa y Coronado, 2015).

En Ecuador, el cultivo de esta palma se ha convertido en uno de los principales aportes agroindustriales, ya que presenta altos índices de rentabilidad y demanda en el mercado (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2015).

3.2.2.1. Morfología

La plantación de palma genera frutos de color negro, que se tornan anaranjados una vez que han madurado (ver figura 2). En el interior se encuentra una semilla que está rodeada por un endocarpio leñoso y envuelto por una pulpa carnosa. De la semilla se obtiene aceite de palmiste y del pericarpio se extrae el aceite rojo, el mismo que es utilizado en la producción de aceites de palma para consumo humano (Borja, s.f.).

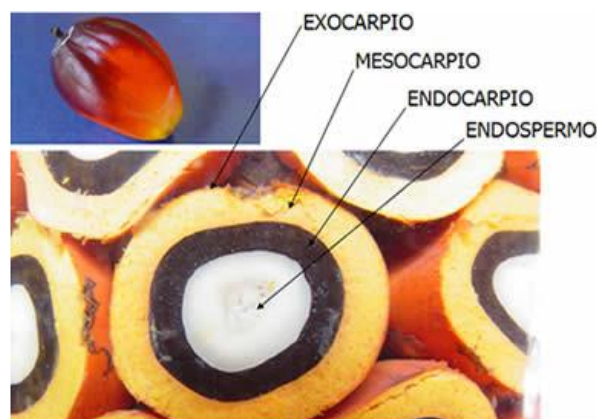


Figura 2. Fruto de palma.

Obtenido de Borrero, s.f.

3.2.2.2. Modificación genética

Las primeras indagaciones sobre los híbridos *E. olifera* x *E. guineensis* fue en 1953. Estas modificaciones genéticas fueron realizadas con la finalidad, no solo de aumentar el rendimiento en cantidad y calidad del aceite, para obtener semillas con buenas características agronómicas, sino para prevenir enfermedades como la pudrición de cogollo. Esta enfermedad se origina por el apareamiento de un hongo (*Phytophthora palmivora*) que contamina a la planta, causando así el amarillamiento y clorosis de las hojas jóvenes para luego pasar a una necrosis desde el ápice hasta la base de la planta, generando la muerte total de la palma (Meléndez y Ponce, 2016; Figueroa, Moreno, Casignia, Isla y Mora, 2017).

3.2.2.3. Composición química

Los principales ácidos grasos insaturados que se encuentran en el aceite de palma son: oleico entre un 36-44% y linoleico, entre un 9-12%, los cuales tienen una configuración *cis*. Mientras que los ácidos grasos saturados que se

encuentran son: palmítico (39-47%) y el esteárico (3-6%) (Rincón y Martínez, 2009).

3.2.2.4. Obtención de aceite de palma

Para la obtención del aceite de palma, a diferencia de otros aceites, se aplica un proceso de cocido y prensado. Las frutas son cocinadas con vapor entre 130 y 145°C por una hora, aproximadamente. Mediante agitación se separa las frutas del tallo. Posteriormente, se calientan nuevamente las frutas a una temperatura que oscila entre 95 a 100°C por un intervalo de tiempo de 20 a 30 minutos en un digestor, para desprender el pericarpio de las nueces y romper las células del aceite. Mediante una prensa de tornillo se separan las fases líquidas de las semisólidas. Para la eliminación de humedad de la fase líquida, se centrifuga y se seca al vacío. Si se obtienen frutas muy maduras se pueden aplastar fácilmente, aumentando los ácidos grasos libres a través de la hidrólisis enzimática, siendo perjudicial en la capacidad del proceso de blanqueo del aceite extraído (O'Brien, 2004).

3.2.2.5. Refinación del aceite de palma

La refinación del aceite consiste en la obtención de un líquido oleoso, insípido, inodoro e incoloro. Existen dos tipos de refinaciones: la química y la física. En el refinado químico se eliminan las impurezas y los ácidos grasos libres mediante la neutralización usando carbonato alcalino, sosa cáustica fuerte o débil (Constante, 2012), mientras que en la refinación física, la neutralización es reemplazada por el proceso de desodorización (González, 2014). Este proceso consiste en someter al aceite a altas temperaturas para eliminar los ácidos grasos y los compuestos volátiles, mismos que pueden afectar al sabor y olor del aceite (Cassiday, 2017). Además, existen dos procesos más para la refinación del aceite: el desgomado, el cual es conocido como desmucilagínación o

depuración, ya que se eliminan los fosfolípidos, también llamados fosfátidos o gomas (Rodríguez, 2007), y el proceso de blanqueo cuyo objetivo es reducir el color del aceite, separar los jabones y eliminar los productos que generen oxidación. Se realiza adicionando las tierras de diatomeas, las cuales absorben y retienen las impurezas del aceite (López, 2019).

3.2.2.6. Consumo a nivel mundial

En el 2019 el consumo de aceite de palma a nivel mundial presentó un incremento de 6 millones de toneladas con relación al 2018. Esta demanda se debe en gran parte por los bajos costos en el precio y por el uso de biodiesel (United States Department of Agriculture, 2020).

3.2.3. Modificación de aceites

Los aceites necesitan ser modificados para la elaboración de mantecas vegetales, grasas para freír, aceite para aderezos y sustitutos de manteca de cacao. En ocasiones, se necesita que las grasas estén cristalizadas y que sean plásticas.

3.2.3.1. Fraccionamiento

Las grasas que están presentes en los aceites se encuentran en forma de cristales. Por este motivo, es importante fundirlos a una temperatura de 70°C y con agitación, antes de fraccionarlos, ya que poseen diferentes puntos de fusión (Arias, Yamasaki y Solórzano, 2015).

El fraccionamiento es un proceso termodinámico, en el cual los triglicéridos son separados en dos fases conocidas como oleína (fracción líquida) y estearina (fracción sólida). Cabe recalcar que esta técnica ayuda a separar los diferentes triglicéridos (en función de su punto de fusión) mas no a cambiar la posición de los ácidos grasos (Sotero et al., 2008).

3.2.3.2. Hidrogenación

Se conoce como hidrogenación a la adición de hidrógeno en los aceites refinados. Esto se realiza para saturar parcial o totalmente a los ácidos grasos insaturados. Con esta modificación, el punto de fusión incrementa, el índice de yodo baja y su estabilidad de oxidación mejora. Si es mayor la hidrogenación, su índice de yodo será menor y la manteca se volverá más dura y compacta. Se desarrolla en reactores que se encuentran en temperaturas entre 120 y 180°C, con una presión de una atmósfera y en presencia de un catalizador, como el níquel (Badui, 2012).

3.2.3.3. Interesterificación

La interesterificación puede ser explicada como el cambio de los radicales de ácidos grasos de un triglicérido a otro. Este método ayuda a desarrollar nuevos triglicéridos con propiedades determinadas. Por medio de la interesterificación se puede producir el intercambio de ésteres. Esta puede ser dirigida o al azar (Lawson, 1994).

3.3. Análisis fisicoquímicos de las grasas y aceites

Las propiedades fisicoquímicas de las grasas y aceites dependen de algunos factores como el tipo de semilla, el grado de insaturación, el tamaño de la cadena

de carbonos, su estructura molecular, su obtención y elaboración (Shahidi, 2005).

3.3.1.1. Punto de fusión

El punto de fusión es la temperatura a la cual se pasa del estado líquido al sólido. Como se mencionó anteriormente, depende de la insaturación de las grasas y de la longitud de la cadena. Por lo tanto, la naturaleza de los ácidos grasos que componen al triglicérido definirá su punto de fusión. En el caso de las mantecas vegetales, el punto de fusión gira en torno a 49°C (Lawson, 1994).

3.3.1.2. Índice de yodo

El índice de yodo es “la cantidad de gramos de yodo absorbidos en un gramo de aceite” (Shahidi, 2005). El yodo se titula con una solución de tiosulfato de sodio 0,1 N y se usa solución de almidón como indicador. A mayor índice de yodo, mayor insaturación (Delgado, Echeverry y Suárez, 2004).

3.3.1.3. Contenido de grasa sólida

El contenido de grasa sólida (SFC, por sus siglas en inglés) influye en la aplicación final del aceite o grasa. La cantidad de cristales de grasa que se encuentra en las mezclas es responsable de muchas características del producto final como: la apariencia, la facilidad de empaque, sus propiedades organolépticas y la exudación de aceite. Este análisis es usado para estudiar la compatibilidad de las grasas, determinando los cambios en el porcentaje de sólidos en diferentes proporciones de grasa (Karabulut, Turan y Ergin, 2004).

3.3.1.4. Perfil de ácidos grasos

La técnica de mayor uso para determinación de ácidos grasos es la cromatografía de gases (Delange, 2006). Este método volatiliza la muestra previamente esterificada y es inyectada en el cabezal de una columna cromatográfica. Generalmente se utiliza esta técnica ya que los ácidos grasos poseen una estructura compleja (Leal, 2014).

3.4. Manteca vegetal

La manteca vegetal es una grasa obtenida a partir de aceites vegetales, la cual se emplea para el desarrollo de varios alimentos. A temperatura ambiente la manteca se encuentra en estado sólido (Nam, 2020).

Son consideradas como un producto cuasi-plástico, ya que tiene la capacidad de lubricar y juntarse con otros alimentos. En un producto horneado, si no existiera la grasa, las partículas de gluten y almidón se juntarían entre sí generando tenacidad al momento de masticarlo. Por esta razón, las mantecas son importantes, ya que rompen la estructura del almidón permitiendo una lubricación de las partículas de gluten, obteniendo un producto suave y aireado (Ghotra, Dyal y Narine, 2002). Las mantecas que se elaboraron son mantecas para panadería.

3.4.1. Clasificación

Existen varios tipos de mantecas, las cuales están destinadas a la preparación de muchos alimentos como pasteles, galletas, bizcochos y pan. También son utilizadas para la fritura y en la cocina como aderezos (Shahidi, 2005). A continuación, se describen las principales mantecas.

3.4.1.1. Mantecas para multipropósitos

Pueden ser elaboradas con o sin emulsionantes. Las mantecas que no contienen emulsionantes son usadas para la fabricación de galletas dulces o saladas y frituras. Tienen 5-8% de mono y diglicéridos. Estas mantecas pueden ser fabricadas con la hidrogenación parcial de un aceite, o mezclando aceites previamente hidrogenados. Además, se elaboran agregando 10% de grasas saturadas con cadenas largas, como la estearina o escamas (aceite completamente hidrogenado, por ejemplo, soja completamente hidrogenada) (Ghotra et al., 2002).

3.4.1.2. Mantecas fluidas

Shahidi (2005) señala que las mantecas fluidas son “suspensiones de grasa sólida en aceite líquido”. Pueden ser hidrogenadas, dependiendo de la consistencia del producto terminado y su estabilidad oxidativa. Los usos más importantes de estos productos son en la fritura, panadería y pastelería.

3.4.1.3. Mantecas para panadería

Estas mantecas tienen una gran cantidad de plásticos a temperatura ambiente. Se puede definir como “plástico” a un producto no fluido, no vertible y sólido a temperatura ambiente. Por lo general, la cantidad de manteca en una formulación de pan es de 3%. Esto se basa en el peso de la harina. La grasa cumple la función de lubricación cuando se mezcla la masa. Sin embargo, si se coloca demasiada grasa puede limitar el aumento de masa (Ghotra et al., 2002). Este es el tipo de manteca desarrollado en el presente trabajo.

3.4.2. Proceso para obtención de manteca vegetal

El proceso para obtención de mantecas a nivel industrial inicia con la solidificación del aceite, el mismo que se realiza mediante el método SSHE (*Screaped Surface Heat Exchange*), que en español significa, intercambio de calor raspando una superficie. Es un método mecánico que ayuda a promover la cristalización. Se realiza en un cilindro de enfriamiento el cual se encuentra inmerso en una sustancia que actúa como refrigerante (amoníaco). En su interior existen de 2 a 6 cuchillas las cuales raspan por medio de un eje giratorio las paredes de este cilindro, a una velocidad de 300-700 rpm, como se muestra en la figura 3. A medida que se enfría el aceite, se empieza a formar una capa cristalizada de producto, la misma que es retirada constantemente de las paredes del envase. El producto cristalizado es mezclado con el no cristalizado, hasta que termine su cristalización total de la manteca (Bannwart, 2013).

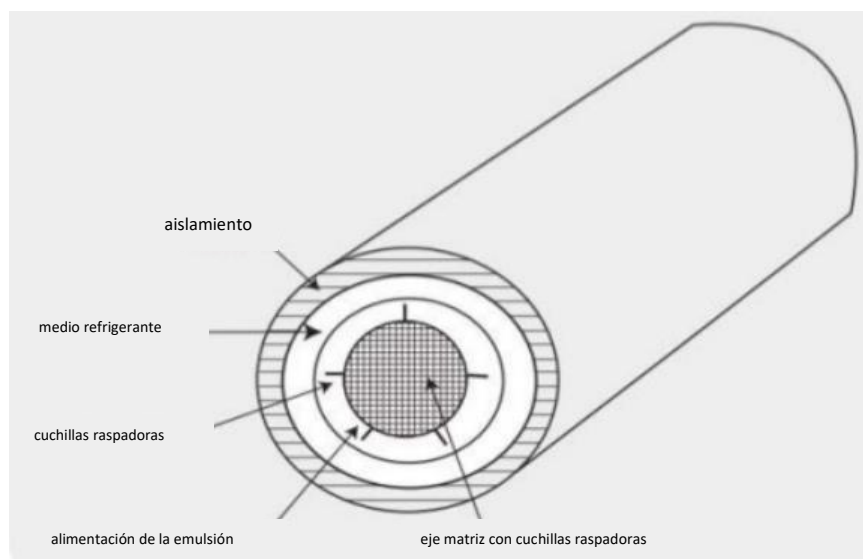


Figura 3. Sistema de elaboración de mantecas vegetales.

Obtenido de Badui, 2020.

3.4.3. Factores que influyen en el producto terminado

Ghotra y otros (2002) mencionan que existen varios factores que intervienen en las propiedades físicas de las mantecas vegetales, entre los que se pueden mencionar:

- Viscosidad del líquido (aceite),
- Temperatura,
- Trabajo mecánico,
- Polimorfismo,
- Súper enfriamiento,
- Distribución del tamaño y forma de la microestructura,
- Propiedades de los cristales: número, composición, tamaño,
- Composición.

Las condiciones de proceso y la formulación de las mezclas determinan el tipo de cristales que se formará. El tipo de cristal influye en la morfología de la estructura sólida de la manteca.

3.4.3.1. Composición

El factor más importante que interviene en la consistencia de una manteca es la composición, es decir, la cantidad de materia en la fase sólida. A medida que aumenta el contenido de sólidos, el producto se torna más firme. El contenido de sólidos depende del procesamiento previo, la fuente de materia prima, la interesterificación y el grado de hidrogenación (O'Brien, 2004).

3.4.3.2. Trabajo mecánico

El sobre enfriamiento que se genera en la solidificación produce una consistencia demasiado firme y su plasticidad se ve reducida, por lo cual el producto carecerá de textura, suavidad y no será uniforme. La solidificación permite que los cristales crezcan formando una red cristalina con mayor resistencia. Para una plasticidad óptima, se trabaja mecánicamente el producto sobre enfriado hasta disipar el calor latente de cristalización (O'Brien, 2004).

3.4.4. Cristalización y polimorfismo

La estructura polimórfica es el criterio más significativo que poseen las mantecas vegetales, por sus propiedades funcionales, ya que influyen en sus características físicas y en el procesamiento del producto terminado (Lakum y Sonwai, 2018).

Se puede definir como polimorfismo a la “capacidad de un compuesto químico para formar diferentes estructuras cristalinas” (Widlak, 1999). El punto de fusión, la solidificación y la morfología cristalina de un polimorfo son diferentes de los demás polimorfos. Cada una de estas propiedades están determinadas por la estructura molecular de cada forma polimórfica específica (Widlak, 1999).

Cuando las cadenas lineales de los ácidos grasos se enfrían, generan una estructura compacta denominada cristal. La eliminación de calor hace que la dinámica de las moléculas disminuya, provocando un acercamiento una de otras. “La producción de los cristales es un proceso dinámico, dado que cambian de patrón cristalográfico hasta llegar a un punto de estado termodinámicamente estable” (Badui, 2020). Para el análisis de los cristales se emplean diferentes

métodos, como la difracción de rayos X, espectroscopía infrarroja, resonancia magnética nuclear y calorimetría diferencial de barrido (Badui, 2020).

3.4.4.1. Tipos de cristales

El desarrollo de los cristales puede ocurrir en una, dos o tres dimensiones, teniendo así la formación de discos, agujas o esferulitos, respectivamente. Para el uso de las grasas en los productos alimenticios se requiere que el diámetro de los cristales sea menor a 30 μm , para evitar la sensación arenosa en la boca (Ribeiro et al., 2014).

Según Marangoni (2004), las estructuras subcelulares más comunes en las grasas son la hexagonal (α), triclinica (β) y ortorrómbica (β'), como se muestra en la figura 4.

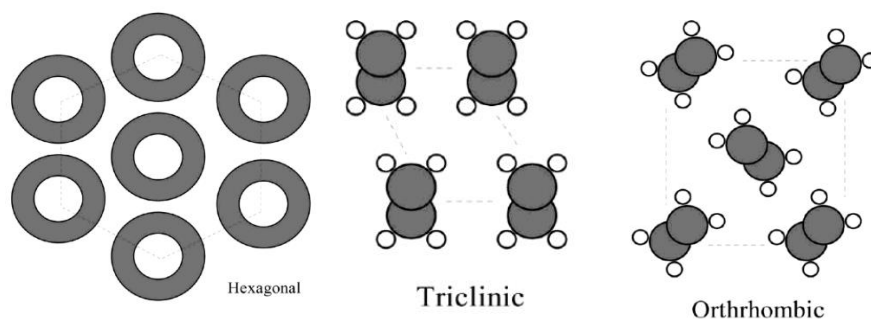


Figura 4. Empaquetamiento geométrico dentro de las cadenas de los ácidos grasos de triglicéridos en cristales grasos.

Obtenido de Marangoni, 2004

Chakrabarty (2003) coincide en que en las grasas se encuentran tres tipos de estructuras cristalinas. La forma α tiene un punto de fusión bajo; su crecimiento es acelerado, tiene una menor densidad de empaque, obteniendo mantecas

suaves y poco estables. En la forma β' , el sistema de empaque es más denso que en la forma α y cuenta con un punto de fusión más elevado. Estos cristales son los más adecuados para obtener una manteca vegetal estable. Finalmente, la forma β tiene una mayor densidad de empaquetamiento, es más estable y su punto de fusión es mayor (ver figura 5). Los cristales β son desfavorables en una manteca ya que pueden resultar demasiado duras.

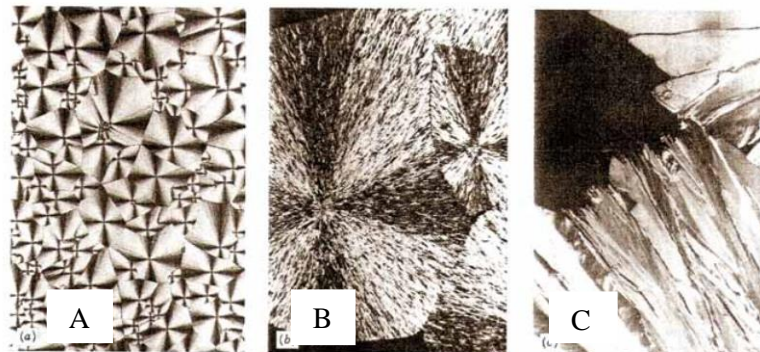


Figura 5. Cristales de grasa, A) cristales α , B) cristales β' , C) cristales β .

Obtenido de Sotaminga, Tapia y Garzón, 2011

3.4.4.2. Análisis estructural de cristales

Uno de los instrumentos que se usan para visualizar la estructura de los cristales en mantecas es el microscopio de luz polarizada. Este instrumento ayuda a estudiar el crecimiento de las redes de grasa, cuantificar el tamaño de partícula, la masa de relleno y el grado de orden. La microscopía de luz polarizada se usa para examinar las propiedades de la red de cristales durante la nucleación (Shahidi, 2005).

3.4.4.3. Promotores de cristalización

La estructura cristalina de las grasas es importante en la formulación de mantecas, ya que cada forma tiene características únicas de plasticidad,

solubilidad, textura y aireación. Según Ribeiro y otros (2014), las grasas que tienen cristales β' suelen ser más suaves. Por tal motivo, es el polimorfo de interés para el desarrollo de productos grasos. El control de la cristalización se realiza mediante tres alternativas:

1. Eliminación o fraccionamiento de lípidos menores en bases grasas.
2. Uso de agentes nucleantes para modular el proceso de cristalización.
3. Control dinámico de la cristalización en sistemas lipídicos con el uso de emulsionantes.

Este trabajo se enfoca en el uso de agentes nucleantes o promotores de cristalización. El uso de la palma totalmente hidrogenada puede ayudar a que estas características se mantengan por un tiempo prolongado, evitando que los cristales cambien su forma polimórfica (Shahidi, 2005).

3.4.5. Análisis de consistencia

La plasticidad es la capacidad de la grasa para mantener su forma. Uno de los factores que afecta la plasticidad es la temperatura, ya que puede volverse suave o líquida. La insaturación de la grasa aumenta la plasticidad. Algunos estudios dicen que la adición de otros aceites comestibles y la aplicación mecánica ayuda a la plasticidad (Devi y Khatkar, 2016).

3.4.5.1. Calificaciones de consistencia

Sin lugar a duda el método más antiguo para evaluar la consistencia de los productos grasos es tomar parte del producto y apretar con la mano. Aunque es subjetivo, sigue siendo efectivo. Para esto se necesita de una persona con

experiencia ya que puede diferenciar imperfecciones, suavidad e inconsistencias en el producto terminado como por ejemplo grumos, arenosidad y textura quebradiza, como también problemas con la apariencia (burbujas de aire, exudación de aceite y textura granulada) (O'Brien, 2004).

3.4.5.2. Penetración

El método más usado para determinar la consistencia de una manteca plastificada involucra el uso de un penetrómetro. Este es un dispositivo digital con una punta que mide la penetración y la profundidad. El equipo penetra la superficie de la grasa vegetal, ya sea una manteca o margarina. Los resultados son expresados en newton (N) (O'Brien, 2004).

3.5. Danec S.A.

El Grupo empresarial Danec S.A. fue fundado en 1972 en Ecuador. Su principal objetivo es atender y satisfacer las necesidades de los clientes en cuanto a jabones, grasas y aceites comestibles. Esta empresa tiene una integración vertical ya que cuenta con plantaciones de palma (Palmera de los Andes, Palmeras del Ecuador y Murrin Corp), extractoras, la fábrica de procesamiento para la obtención de productos terminados y la comercialización de los mismos (ver tabla 2) (Danec S.A., s.f.).

Tabla 2.

Principales marcas de Danec S.A.

Producto	Marcas
Aceites	El Cocinero, Vivi Girasol, Sioma y Palma de Oro
Margarinas	Denora, Regia, Imperial y Vivi girasol
Mantecas y mantecas industriales:	Los 3 chanchitos, Pan Rico y Pan Fino.
Cuidado personal y cuidado de la ropa	Best, Dex, Sansón y Dersa.

4. METODOLOGÍA

En el presente trabajo se realizaron 9 mantecas diferentes (tratamientos) usando como materias primas la estearina de palma, estearina de palma híbrida, aceite de palma, aceite de palma híbrida, palmiste y soja. Siendo estas dos últimas la materia prima base. Adicionalmente, se añadió aceite de palma completamente hidrogenado en algunas mantecas, para verificar su efectividad en la modificación de las características de las mismas. Específicamente, la formulación de cada manteca fue la siguiente:

- Estearina de palma con aceite de palma y 0% de aceite de palma completamente hidrogenado
- Estearina de palma con aceite de palma y 1% de aceite de palma completamente hidrogenado
- Estearina de palma con aceite de palma y 3% de aceite de palma completamente hidrogenado

- Estearina de palma con aceite de palma híbrida y 0% de aceite de palma completamente hidrogenado
- Estearina de palma con aceite de palma híbrida y 1% de aceite de palma completamente hidrogenado
- Estearina de palma con aceite de palma híbrida y 3% de aceite de palma completamente hidrogenado
- Estearina de palma híbrida con aceite de palma híbrida y 0% de aceite de palma completamente hidrogenado
- Estearina de palma híbrida con aceite de palma híbrida y 1% de aceite de palma completamente hidrogenado
- Estearina de palma híbrida con aceite de palma híbrida y 3% de aceite de palma completamente hidrogenado

4.1. Materia prima

Las materias primas usadas para esta investigación fueron provistas por la empresa Danec S.A., la cual se encuentra ubicada en km 1 ½ Vía Sangolquí – Tambillo. Por otro lado, el promotor de cristalización (aceite de palma completamente hidrogenado) GRINDSTED PS 101-M fue provisto por la empresa Danisco- Colombia.

4.2. Métodos

4.2.1. Obtención de mantecas

En la figura 6, se muestra el proceso seguido para la elaboración de las mantecas vegetales. Este proceso inició con la recolección de aceites y grasas provistos por la empresa Danec S.A., los cuales se almacenaron en baldes (20 x 25 x 10 cm). Después se caracterizó la materia prima a través de 4 análisis fisicoquímicos, explicados en el apartado anterior (índice de yodo, punto de

fusión, contenido de grasa sólida y perfil de ácidos grasos), ya que son los parámetros de aceptación de la manteca según las especificaciones de la empresa (que no se revelan por cuestiones de confidencialidad). Se procedió a formular la manteca teniendo como base al aceite de soja y el palmiste, variando la estearina de palma, estearina de palma híbrida, aceite de palma u aceite de palma híbrida, hasta obtener una mezcla que cumpla con los parámetros fisicoquímicos estipulados por la empresa. En el caso de que no se cumpliera con los parámetros, se seguiría formulando hasta obtener la mezcla adecuada. Una vez obtenida la formulación correcta, se pesó y se procedió a realizar los análisis fisicoquímicos mencionados anteriormente (índice de yodo, punto de fusión, contenido de grasa sólida y perfil de ácidos grasos). Se calentó la mezcla de las materias primas en un baño maría (Mettler W200) a una temperatura de 60-65°C por 10 min. Enseguida, el balde con la mezcla fue colocado dentro de un recipiente (24,4 x 22,4 x 17,8 cm), el cual fue recubierto con 2 kg de agua-hielo y 0,5 kg de sal en grano. Las grasas se batieron con el reactor (Motovario TXF 005) a 104 rpm por, aproximadamente 5-7 minutos. Si se cristaliza la grasa, pasa a ser empacada; caso contrario, se sigue batiendo hasta que cristalice. Con la ayuda de un termómetro digital (TAYLOR 9842) se midió la temperatura hasta que pasó de 20 a 27°C. La manteca fue empacada en tres envases con capacidad de 250 g para la prueba de análisis descriptivo de consistencia, 50 g para el análisis de penetración y 30 g para el análisis de cristales. Estos envases fueron almacenados en un cuarto temperado a 19-20°C por 48 horas. Finalmente, el producto terminado fue ubicado en el almacén central de la empresa, que se encuentra a una temperatura entre 14,5-19°C con una humedad de 60-75,5%, como se muestra en la figura 7.

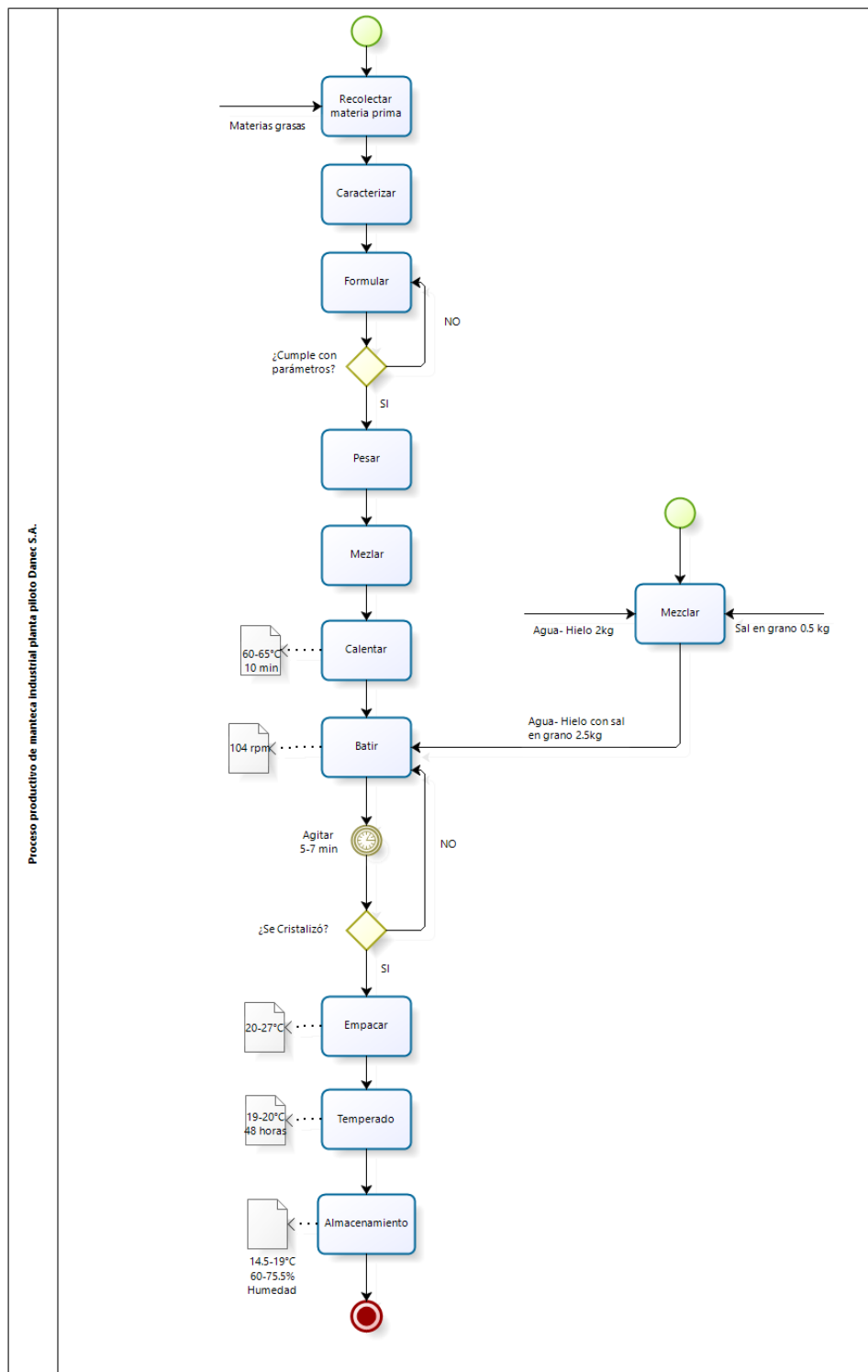


Figura 6. Diagrama de flujo para la obtención de manteca vegetal.



Figura 7. Proceso para la obtención de la manteca vegetal.

4.2.2. Análisis fisicoquímicos de materias primas y de mantecas

Se realizaron 4 análisis fisicoquímicos, tanto para la materia prima como para cada manteca desarrollada. Estos análisis fueron realizados en el laboratorio de la empresa Danec S.A.

4.2.2.1. Punto de fusión

Para el análisis de punto de fusión se aplicó el método AOCS Cc 3-25 de deslizamiento por tubo abierto, para lo cual se fundió la muestra de grasa. Se sumergieron 2 tubos capilares en la muestra líquida hasta llenar

aproximadamente 10 mm. Una vez llenos los tubos, se introdujeron en el refrigerador por 30 minutos. Con la ayuda de una banda elástica, se sujetaron los capilares a un termómetro de varilla de vidrio, suspendiéndolos dentro de un vaso de precipitación de 100 ml con agua destilada a 8°C. Con un agitador magnético de calentamiento (Velp Scientifica HSC), se fundió la grasa para que empezara a deslizarse por los tubos capilares. La temperatura a la cual la grasa se deslizó fue registrada como el punto de fusión.

4.2.2.2. Índice de yodo

El índice de yodo determina la insaturación de aceites y grasas. Representa la cantidad de yodo absorbido por cierta cantidad de muestra y se expresa en cg/g. El método empleado para su determinación fue el AOCS Cd 1d- 92. Por medio de una balanza analítica (Mettlet Toledo AS204-S), se procedió a pesar 0,4-0,5 g de muestra (previamente fundida) dentro de un matraz erlenmeyer de 250 ml. Posteriormente, se añadió 20 ml de cloroformo y se agitó hasta que la grasa se disolviera. Luego, se agregaron 25 ml de solución de Wijs (solución de monocloruro de yodo en ácido acético) y 10 ml de acetato de mercurio. Se tapó con un tapón de vidrio y se agitó por 1 minuto. Después, se añadieron 25 ml de yoduro de potasio y, con agua destilada, se limpió las paredes del matraz. Finalmente, se adicionaron 10 gotas de almidón para proceder a titular con tiosulfato de sodio 0,1 N (preparado y estandarizado previamente) hasta quedar transparente. Se registró el volumen requerido para la titulación.

4.2.2.3. Contenido de grasa sólida.

Según el método AOCS Cd 16b-93, la determinación del contenido de grasa sólida (SFC) se hace por resonancia magnética nuclear (RMN). Primero se fundió y homogenizó la muestra. Posteriormente, se procedió a llenar dos tubos de vidrio (18 x 1 x 1,5 cm), para cada muestra, hasta la altura de 4 ± 1 cm. Los

tubos fueron colocados en un vaso de precipitación de 100 ml y ubicados en una estufa (Mettler) a 100°C por 10 minutos. Se introdujeron los tubos en el baño térmico (Duratech – TCON 2000) en la zona de 0°C por 60 minutos. Se transfirieron los tubos a la zona de 10°C limpiando los tubos previamente con papel absorbente. Se mantuvieron en esta zona por 30 minutos. Se realizó la primera lectura en el equipo de RMN (the MiniSpec mq 20) expresada en porcentaje de SFC. Se pasó los tubos a la zona de 20°C por 30 minutos; se procedió con la segunda lectura. Se trasladaron los tubos a la zona de 25°C por 30 minutos y se efectuó la tercera lectura. Se ubicaron los tubos en la zona de 30°C por 30 minutos y se hizo la cuarta lectura. Finalmente, se colocaron los tubos en la zona de 35°C por 30 minutos y se registró la quinta lectura.

4.2.2.4. Perfil de ácidos grasos

Este método consiste en separar cuantitativamente las mezclas que contienen ésteres metílicos saturados e insaturados. Para esto, se utilizó el método OACS Ce 1-62. En un balón de vidrio con cuello esmerilado de 250 ml se colocaron 5 gotas de la muestra, previamente fundida. Con la ayuda de una probeta se procedió a medir y añadir 10 ml de hidróxido de potasio (KOH) (3,02% en metanol). Una vez preparado el balón, se conectó a un tubo refrigerante recto. Luego, se colocó sobre una estufa para proceder a calentar la muestra hasta que las partículas de grasa se fundieran. Una vez fundida la muestra, se añadieron 5 ml de trifluoruro de boro y se calentó por 2 minutos. Transcurrido este tiempo, se dejó enfriar. Posteriormente, se introdujeron 10 ml de hexano de grado cromatográfico y 5 ml de solución salina NaCl (36% en agua). Se transfirió la solución a un embudo con papel filtro, en el cual se colocaron 5g de sulfato de sodio anhidrido. El filtrado fue recuperado en un vial para cromatógrafo de gases. El análisis de ácidos grasos de las muestras fue realizado en un cromatógrafo de gases (Thermo scientific TRACE 1310), con una columna SP-2560 100 m X 0,25 mm X 0,2 um – NS:616230-08. Los gases usados en la fase móvil fueron He y N₂. Los parámetros de temperatura fueron: inyector = 220 °C, horno = 200

°C (constante) y detector = 250 °C. Cada corrida para obtener los datos fue de 40 minutos.

4.2.3. Análisis de las mantecas

Una vez obtenido el producto terminado, se procedió a realizar los análisis que se describen a continuación.

4.2.3.1. Análisis de dureza

La determinación de dureza se realizó en el laboratorio LQ 09 de la Universidad de las Américas (UDLA) en la ciudad de Quito-Ecuador. Para este procedimiento se utilizó un penetrómetro con adaptador de cabeza esférica (PCE-FM 200) (figura 8) y se procedió a tomar 3 mediciones en cada muestra de manteca para obtener un promedio. Los resultados fueron expresados en N. Este análisis se realizó en el día 1 y en el día 130 una vez elaboradas las mantecas.



Figura 8. Determinación de la dureza con un penetrómetro digital.

4.2.3.2. Análisis descriptivo de consistencia

En la figura 9 se observa el proceso para determinar la consistencia de la manteca vegetal, la cual se realizó con personal entrenado de la empresa Danec. El personal tomó parte de cada manteca (entregada al azar y sin ninguna identificación que pudiera revelar su composición) y presionó con sus manos para evaluar 3 parámetros (dureza, grumosidad y plasticidad) con una escala descriptiva que se muestra en la tabla 3. Este análisis se realizó en el día 1 y en el día 130 una vez elaboradas las mantecas.



Figura 9. Proceso para determinar la consistencia en la manteca vegetal.

Tabla 3.

Escala descriptiva de dureza, grumosidad y plasticidad.

	Escala dureza	Escala grumosidad	Escala plasticidad
1	Muy dura	Muchos grumos	Quebradiza
2	Dura	Pocos/ligeros grumos	Ligeramente quebradiza/ poco plástica
3	Ligeramente dura	Sin grumos	Plástica
4	Ligeramente consistente	-	-

5	Suaves	-	-
---	--------	---	---

4.2.3.3. Análisis estructural de cristales

Para este análisis se contó con la ayuda del Departamento de Metalurgia Extractiva (DEMEX) de la Escuela Politécnica Nacional en la ciudad de Quito-Ecuador. Se empleó el microscopio trinocular (Olympus SZX16) con aumento 10x. Se tomó una porción de la manteca vegetal y se untó sobre un portaobjetos. Las fotografías fueron registradas mediante imágenes emitidas por el microscopio.

4.2.4. Estadística

4.2.4.1. Diseño experimental

Para el análisis estadístico se realizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 3x3 con 3 repeticiones.

4.2.4.2. Factores

En la tabla 4, se detallan los factores y niveles utilizados en la investigación.

Tabla 4.

Factores y sus respectivos niveles.

Factores	Descripción	Niveles
		Aceite de palma con estearina de palma
F1	Tipos de materia prima	Aceite de palma híbrida y Estearina de palma
		Aceite de palma híbrida y Estearina de palma híbrida
	Concentración de	0%
F2	aceite de palma	1%
	completamente	3%
	hidrogenado	

4.2.4.3. Tratamientos

Se obtuvieron 9 tratamientos mediante la combinación de los factores con los niveles (tabla 5).

Tabla 5.

Tratamientos y descripción del estudio.

Tratamientos	Descripción	Nomenclatura
T1	Estearina de palma con aceite de palma y 0% de aceite de palma completamente hidrogenado.	T1N1
T2	Estearina de palma con aceite de palma y 1% de aceite de palma completamente hidrogenado.	T1N2
T3	Estearina de palma con aceite de palma y 3% de aceite de palma completamente hidrogenado.	T1N3

T4	Estearina de palma con aceite de palma híbrida y 0% de aceite de palma completamente hidrogenado.	T2N1
T5	Estearina de palma con aceite de palma híbrida y 1% de aceite de palma completamente hidrogenado.	T2N2
T6	Estearina de palma con aceite de palma híbrida y 3% de aceite de palma completamente hidrogenado.	T2N3
T7	Estearina de palma híbrida con aceite de palma híbrida y 0% de aceite de palma completamente hidrogenado.	T3N1
T8	Estearina de palma híbrida con aceite de palma híbrida y 1% de aceite de palma completamente hidrogenado.	T3N2
T9	Estearina de palma híbrida con aceite de palma híbrida y 3% de aceite de palma completamente hidrogenado.	T3N3

Nota: Para cada tratamiento se realizó 3 repeticiones.

La empresa Danec S.A. fabrica y comercializa el tratamiento T1N1.

4.2.4.4. Hipótesis

Ha: El promotor de cristalización mejora la consistencia y plasticidad de las mantecas.

Ho: El promotor de cristalización no mejora la consistencia y plasticidad de las mantecas.

4.2.4.5. Unidad experimental

La unidad experimental usada para cada análisis de producto terminado fue de:

- Determinación de dureza: 50 g.
- Análisis de cristales: 30 g.
- Análisis descriptivo de consistencia: 250 g.

4.2.4.6. Adeva

Se procederá a realizar un análisis de varianza, después de comprobar el comportamiento de normalidad de los resultados; en caso de obtener diferencias significativas se procederá a realizar la prueba de Tukey, la cual permite determinar cuál es el mejor tratamiento.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados de análisis fisicoquímicos de materias primas y de mantecas

Las materias primas empleadas para la elaboración de las mantecas fueron analizadas para determinar su punto de fusión, índice de yodo, contenido de grasa sólida (SFC) (tabla 6) y composición de ácidos grasos (tabla 7).

Tabla 6.

Características fisicoquímicas de las materias primas usadas.

Materia prima	Punto de fusión (°C)	Índice de yodo (cg/g)	Contenido de grasa sólida (%)				
			10°C	20°C	25°C	30°C	35°C
Estearina de palma	50	41,79	76,18	63,92	51,85	39,1	29,21
Aceite de palma	34,5	53,89	45,73	22,19	13,75	8,19	4,12
Estearina de palma híbrida	46,5	42	73,51	56,68	43,28	29,05	18,89
Aceite de palma híbrida	26	69,47	25,69	5,25	2,51	0,87	0
Soya	-	124,69	-	-	-	-	-
Palmiste	27,5	22	72,07	44,47	19,22	0	0
Aceite de palma completamente hidrogenado	58,5	0	98,66	98,58	98,58	98,44	98,22

Tabla 7.

Composición de los ácidos grasos (%) de las materias primas usadas

Ácido graso	Estearina de palma	Aceite de palma	Estearina de palma híbrida	Aceite de palma híbrida	Soya	Palmiste	Aceite de palma completamente hidrogenado
Caprílico C8:0						2,07	
Cáprico C10:0						2,43	
Láurico C12:0	0,06	0,13	0,06	0,07		43,01	0,14
Mirístico C14:0	0,78	0,78	0,47	0,34		17,55	1,13
Palmítico C16:0	53,87	41,72	51,13	30,47	11,55	9,93	58,14
Esteárico C18:0	6,69	5,43	4,46	2,92	4,01	2,57	40,28
Oleico C18:1	31,7	41,81	37,38	54,77	27,60	19,09	0,31
Linoleico C18:2	6,9	10,13	6,5	11,43	51,8	3,35	
Linolénico C18:3					4,84		
Total	100	100	100	100	100	100	100

Sotero y otros (2008) indican que el índice de yodo es mayor cuando hay un mayor número de insaturaciones. De igual manera, Gunstone (2011) menciona

que las grasas que tienen más ácidos grasos saturados poseen un mayor punto de fusión. Así, la estearina de palma, al estar conformada mayoritariamente por ácidos grasos saturados, como el ácido palmítico con un 47,2 a 73,8% (Calvo, 2010), tendrá menor índice de yodo y mayor punto de fusión, mientras que la aceite de palma presenta un mayor índice de yodo y un menor punto de fusión, ya que contiene más ácidos grasos insaturados (ácido oleico y linoleico) que la estearina de palma. Esto último también se observa con el aceite de palma híbrida, ya que tiene un mayor contenido de ácido oleico y linoleico.

En cuanto al índice de yodo de la soya, su valor puede oscilar entre 105,12 y 139,50 el cual está relacionado con las insaturaciones de los ácidos grasos: a mayor número de dobles enlaces, este valor tiende a incrementar (Lafont, Durango y Aramendiz, 2014). En el presente trabajo, el índice de yodo que se obtuvo de la soya fue de 124,69 estando dentro del intervalo mencionado anteriormente. En la norma (Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 32, 2012) se menciona que el intervalo de índice de yodo para el palmiste es 14,1 - 24,0. El índice de yodo que se obtuvo fue de 22, estando dentro de las especificaciones de la norma.

Con respecto al SFC, este está relacionado con la composición de ácidos grasos. Así se puede ver que, a mayor contenido de ácidos grasos saturados, mayor es el SFC. Por ejemplo, el aceite de palma, al ser más insaturada que la estearina de palma, presenta un menor SFC.

Además, Kifli y Sudin (1993) señalan que, para realizar mantecas industriales, el contenido de grasa sólida del aceite de palma a 20°C debe ser alrededor de 23. El valor obtenido fue de 22,19, el cual es próximo al valor indicado. La variación entre cada muestra se debe a la composición de ácidos grasos, triglicéridos y de diacilglicerol presentes en los aceites (Gunstone, 2011).

La tabla 8 muestra una comparación de los porcentajes de ácidos grasos presentes en la aceitea de palma, estearina de palma, soja y palmiste obtenidos en el presente trabajo con los encontrados en la literatura.

Tabla 8.

Resultados de la composición de ácidos grasos (%) de las materias primas usadas comparado con varios autores.

Ácido graso	Aceite de palma		Estearina de palma		Soja		Palmiste	
	(Sotero et al., 2008).	Presente trabajo	(Sotero et al., 2008).	Presente trabajo	(Lafont et al., 2014)	Presente trabajo	(Pantzaris y JaaffarAhmad, 2002)	Presente trabajo
Palmítico	41,86	41,72	48,22	53,87	11,29	11,55	9,00	9,93
Oleico	39,51	41,81	34,72	31,7	23,35	27,60	18,00	19,09
Linoleico	11,30	10,13	9,44	6,90	53,01	51,08	3,00	3,35
Láurico							44,50	43,01

Como se observa, los resultados del aceite de palma y estearina de palma son similares a los de la literatura. Sin embargo, su diferencia puede darse por el tipo de fraccionamiento empleado, errores de medición o errores al manipular la muestra; mas no por el tipo de palma, ya que el autor usa la misma palma (*Elaeis guineensis*) que ha sido empleada para este estudio. La empresa Danec S.A. cuenta con dos tipos de fraccionamiento: por prensado y por succión con una bomba de vacío. El aceite de palma y estearina de palma usadas en el presente estudio fue obtenida mediante fraccionamiento por prensado. Shahidi (2005) indica que para este proceso se utiliza una prensa con membranas la cual, mediante un enfriamiento controlado, el aceite ingresa y es presionado hasta separar la fase líquida (oleína) de la fase sólida (estearina). La presión, temperatura y tiempo está especificado según los usos que le de la empresa a los fraccionamientos.

En cuanto a la soja y al palmiste, se observan pequeñas diferencias en los ácidos grasos por la naturaleza de la materia prima, errores de medición o errores en la manipulación de las muestras.

Una vez caracterizada la materia prima, se realizaron los análisis fisicoquímicos de las mantecas, lo cual se ve evidenciado en las tablas 9 y 10. Estos valores sirvieron para la formulación de las mantecas.

Tabla 9.

Análisis fisicoquímicos de los tratamientos.

Mezclas de manteca	Punto de fusión (°C)	Índice de yodo (cg/g)	Contenido de grasa sólida (%)				
			10°C	20°C	25°C	30°C	35°C
T1N1	40	53,05	51,16	30,80	21,15	13,87	8,59
T1N2	39	52,76	50,73	30,82	21,32	13,86	10,73
T1N3	40	52,82	50,52	31,73	21,96	14,99	9,63
T2N1	40,5	54,76	47,24	29,44	21,29	15,12	10,72
T2N2	40	54,83	47,57	30,74	22,40	16,02	11,32
T2N3	41	54,25	46,76	30,66	22,57	16,34	11,66
T3N1	39	54,10	50,46	29,64	20,05	12,73	7,87
T3N2	39	54,00	49,06	28,99	19,69	12,63	7,68
T3N3	39,5	53,46	49,88	30,83	21,71	14,80	9,54

Debido a que las mantecas fueron diseñadas para cumplir los parámetros establecidos por la empresa, todas presentan características fisicoquímicas similares. Shahidi (2005) manifiesta que SFC es un buen indicador sobre el rango plástico de una manteca ya que, a 10°C, el contenido de grasa sólida debe ser más de 40%, tal como se muestra en la tabla 9, donde se observa que todos tienen un SFC cercano a 50%.

Tabla 10.

Composición de los ácidos grasos (%) de cada tratamiento.

Ácido graso	TRATAMIENTOS								
	T1N1	T1N2	T1N3	T2N1	T2N2	T2N3	T3N1	T3N2	T3N3
Caprílico C8:0	0,10	0,09	0,12	0,11	0,11	0,11	0,09	0,10	0,10
Cáprico C10:0	0,12	0,11	0,13	0,13	0,15	0,16	0,13	0,13	0,12
Láurico C12:0	2,13	2,10	2,12	2,08	2,07	2,01	2,08	1,99	2,10
Mirístico C14:0	1,48	1,53	1,48	1,37	1,34	1,28	1,34	1,20	1,31
Palmítico C16:0	42,00	41,57	40,60	39,28	39,60	38,41	40,00	38,33	39,01
Esteárico C18:0	4,94	5,58	6,53	4,69	4,23	5,73	3,23	3,85	4,90
Oleico C18:1	37,54	37,38	37,23	41,16	41,23	41,12	42,50	44,50	41,48
Linoleico C18:2	11,51	11,43	11,57	10,97	11,00	10,95	10,64	9,89	10,98
Linolénico C18:3	0,19	0,21	0,23	0,22	0,28	0,24	0,24	0,21	0,25
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100

La presencia del ácido linoleico C18:2 y el ácido linolénico C18:3 en los tratamientos, se debe por la adición del aceite de soya. De igual manera, la existencia del ácido caprílico C8:0 y ácido cáprico C10:0 es por el aceite de palmiste.

5.2. Resultados de análisis de las mantecas

5.2.1. Análisis de dureza

La tabla 11 indica los resultados por triplicado de los análisis de dureza (en N) usando el penetrómetro en el día 1.

Tabla 11.

Análisis de dureza en el día 1.

Tratamiento	M1	M2	M3	Promedio
T1N1R1	6,45	6,95	6,80	6,73
T1N1R2	6,80	6,85	6,01	6,55
T1N1R3	6,40	6,60	6,00	6,33
T1N2R1	6,40	6,60	5,35	6,12
T1N2R2	5,45	6,90	6,05	6,13
T1N2R3	6,26	6,00	6,95	6,40
T1N3R1	6,95	6,45	6,70	6,70
T1N3R2	6,75	6,90	6,35	6,67
T1N3R3	6,45	6,25	6,20	6,30
T2N1R1	6,80	6,35	5,70	6,28
T2N1R2	6,50	6,35	5,85	6,23
T2N1R3	6,00	6,90	6,30	6,40
T2N2R1	6,85	6,60	5,85	6,43
T2N2R2	7,05	7,10	6,70	6,95
T2N2R3	6,95	6,20	6,10	6,42
T2N3R1	6,00	7,00	6,10	6,37
T2N3R2	5,90	5,70	7,00	6,20
T2N3R3	5,75	6,00	6,50	6,08
T3N1R1	7,00	6,45	6,30	6,58
T3N1R2	5,89	6,10	6,30	6,10
T3N1R3	5,60	7,20	6,50	6,43
T3N2R1	6,10	5,95	6,45	6,17
T3N2R2	7,00	6,20	6,35	6,52
T3N2R3	6,90	5,50	6,40	6,27
T3N3R1	6,45	6,35	6,15	6,32
T3N3R2	6,80	6,00	6,20	6,33
T3N3R3	6,70	6,45	6,20	6,45

Nota: M = medición

Mediante estos resultados se procedió a realizar el ANOVA para la identificación de las diferencias significativas entre los tratamientos y repeticiones.

En la tabla 12 se observa los resultados del análisis ANOVA

Tabla 12.

Análisis de varianza de penetrómetro en el día 1.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	26	1,17				
Tratamiento	8	0,50	0,06	1,56	2,59	2,08
Repeticiones	2	0,03	0,01	0,34	3,63	9,00
E.E	16	0,64	0,04			

Nota: F.V.= fuente de variación, G.L.= grados de libertad, S.C = suma de cuadrados, C.M = cuadrados medios, Fc = F calculada, Ft = Ftabular

Se observa que no existen diferencias significativas entre cada tratamiento y sus repeticiones. Esto se evidencia con los valores de Fc, los cuales son menores que los valores de Ft, del 1% y 5%. Era de esperarse que no se encontraran diferencias significativas ya que, el análisis realizado a las mantecas fue inmediatamente después de su fabricación. Esto es favorable ya que demuestra que no hubo cambios, y que se cumplieron con todas las especificaciones establecidas por la empresa.

La tabla 13 indica los resultados por triplicado de los análisis de dureza (en N) usando el penetrómetro en el día 130.

Tabla 13.

Análisis de dureza en el día 130.

Tratamiento	M1	M2	M3	Promedio
T1N1R1	13,60	13,05	12,40	13,02
T1N1R2	12,95	13,35	13,25	13,18
T1N1R3	13,15	12,80	13,20	13,05
T1N2R1	10,95	11,35	10,80	11,03
T1N2R2	11,55	10,20	11,40	11,05
T1N2R3	11,15	10,90	11,35	11,13
T1N3R1	12,85	13,35	13,85	13,35
T1N3R2	13,30	12,90	13,30	13,17
T1N3R3	12,95	13,75	13,00	13,23
T2N1R1	13,10	12,50	11,00	12,20
T2N1R2	12,10	12,65	12,35	12,37
T2N1R3	12,35	12,05	11,95	12,12
T2N2R1	11,70	10,90	11,60	11,40
T2N2R2	12,20	11,75	11,50	11,82
T2N2R3	11,60	10,85	11,70	11,38
T2N3R1	11,05	11,10	10,55	10,90
T2N3R2	10,80	10,65	10,70	10,72
T2N3R3	11,60	11,00	11,05	11,22
T3N1R1	8,75	9,30	10,00	9,35
T3N1R2	10,10	10,20	9,40	9,90
T3N1R3	9,45	8,80	9,95	9,40
T3N2R1	12,80	11,80	11,95	12,18
T3N2R2	12,50	12,40	12,10	12,33
T3N2R3	12,35	12,00	11,40	11,92
T3N3R1	15,35	15,05	15,00	15,13
T3N3R2	14,60	15,50	15,05	15,05
T3N3R3	15,50	15,60	14,15	15,08

Nota: M = medición

Mediante estos resultados se procedió a realizar el ANOVA para la identificación de las diferencias significativas entre los tratamientos y repeticiones.

En la tabla 14 se muestra los resultados del análisis ANOVA

Tabla 14.

Análisis de varianza de penetrómetro en el día 130.

F.V	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	26	61,93				
Tratamiento	8	61,31	7,67	238,36	2,59	2,08
Repeticiones	2	0,08	0,04	1,26	3,63	9,00
E.E	16	0,52	0,03			

Nota: F.V.= fuente de variación, G.L.= grados de libertad, S.C = suma de cuadrados, C.M = cuadrados medios, Fc = F calculada, Ft = Ftabular

Se observa que existen diferencias significativas entre cada tratamiento, pero no entre repeticiones. Esto se evidencia con los valores de Fc donde, en el tratamiento se obtuvo un valor superior (238,36) al Ft con grado de confiabilidad del 1% (2,08) y 5% (2,59).

La tabla 15 muestra el análisis de Tukey realizado para verificar las diferencias en los tratamientos en el día 130.

Tabla 15.

Análisis de Tukey en los tratamientos en el día 130.

Tratamientos	Media	
T3N1	9,55	A
T2N3	10,95	B
T1N2	11,07	B C

T2N2	11,53	C	
T3N2	12,14		D
T2N1	12,23		D
T1N1	13,08		E
T1N3	13,25		E
T3N3	15,09		F

Una vez realizada la prueba de Tukey, se observa que los tratamientos con distintas letras presentan diferencias significativas, mientras que las letras iguales no muestran diferencias significativas para la dureza en cada tratamiento, a un nivel de significancia del 0,01 y 0,05.

En la figura 10 se observa los promedios del análisis de consistencia con el penetrómetro en el día 1 y en el día 130. Para el día 1 de análisis, el tratamiento T2N2 ($6,60 \text{ N} \pm 0,3$) presentó una mayor dureza, mientras que los tratamientos T2N3 ($6,22 \text{ N} \pm 0,16$) y T1N2 ($6,22 \text{ N} \pm 0,15$), obtuvieron una menor dureza comparado con el resto de los tratamientos. Por otro lado, para el día 130, el valor de dureza es mayor en el tratamiento T3N3 ($15,09 \text{ N} \pm 0,04$), mientras que los tratamientos T2N3 ($10,95 \text{ N} \pm 0,25$) y T3N1 ($9,55 \text{ N} \pm 0,30$) muestran los valores más bajos comparados con el resto de los tratamientos. Así, es favorable el tratamiento T3N1 por presentar el valor más bajo de dureza, lo que indica mayor suavidad en la manteca.

En el día 130 usando la formulación estearina de palma con aceite de palma, no existieron diferencias entre 0% (T1N1) y 3% (T1N3) del promotor de cristalización. Sin embargo, con una concentración al 1% (T1N2) se obtuvo una dureza menor, lo cual es deseable para obtener una manteca suave. Por otro lado, en la formulación con estearina de palma y aceite de palma híbrida a medida que se colocó el 1% (T2N2) y 3% (T2N3) del promotor de cristalización la dureza fue disminuyendo en el día 130. Generalmente el aceite de palma completamente hidrogenado es usado para la fabricación de mantecas, ya que

cuenta con una forma polimórfica beta prima deseada, ayudando en la plasticidad y untabilidad (Lai, Tan y Akoh, 2015). Por el contrario, en los tratamientos con estearina de palma híbrida y aceite de palma híbrida (T3N1, T3N2 y T3N3) en el día 130, el uso del promotor fue desfavorable ya que, en vez de ayudar a obtener mantecas más suaves, su dureza fue incrementando al 1% (T3N2) y 3% (T3N3) de concentración, comparado al no agregar promotor de cristalización (T3N1). Existe una desventaja con las formulaciones que tienen gran cantidad de palma y es que la cristalización es lenta por la presencia de diacilglicerido. Durante su almacenamiento puede existir un aumento en el contenido de grasa sólida conduciendo a un endurecimiento posterior (Lai et al., 2015).

El incremento de la dureza en algunos tratamientos no se ve afectado por el SFC, puesto que la fuerza empleada en las mantecas puede no estar correlacionada con el SFC, ya que además de la cantidad de grasa sólida, la formación de los cristales de grasa que dependen del procesamiento es importante reológicamente (Shahidi, 2005).

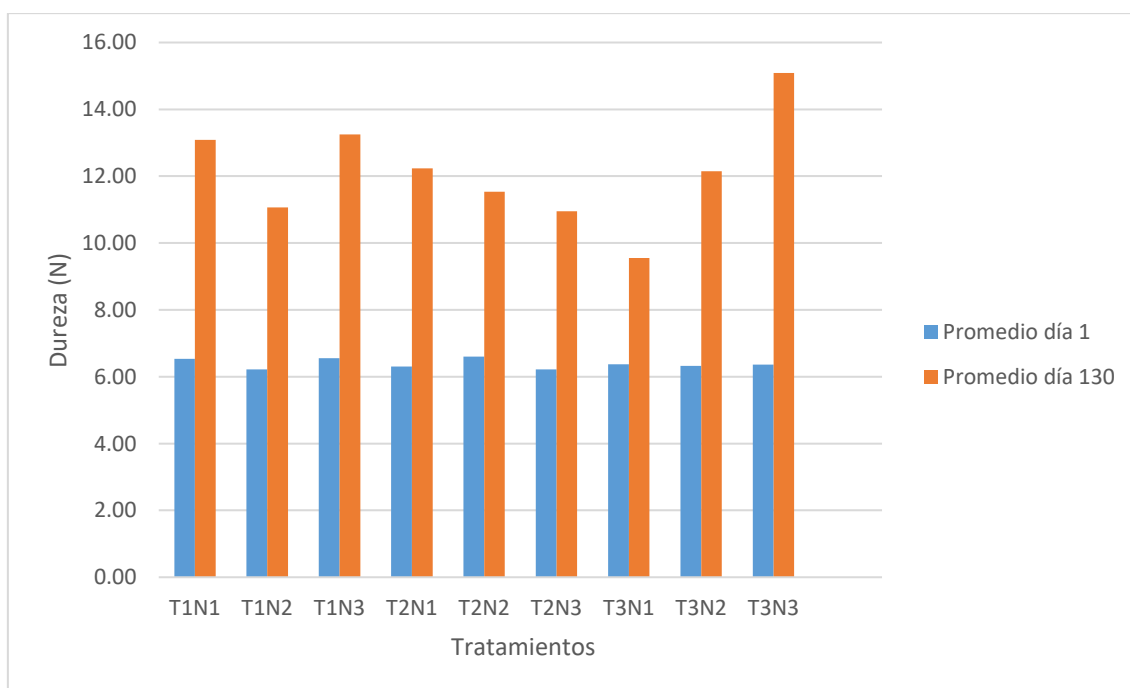


Figura 10. Dureza (en N) obtenida mediante el penetrómetro en el día 1 y en el día 130.

5.2.2. Análisis descriptivos de consistencia

En tabla 16 se muestra la media obtenida de los análisis descriptivos de consistencia en el día 1 y día 130.

Tabla 16.

Análisis descriptivo de consistencia en el día 1 y día 130.

Tratamiento	Media					
	Dureza		Grumosidad		Plasticidad	
	Día1	Día 130	Día1	Día 130	Día1	Día 130
T1N1	2	1	1	1	1	1
T1N2	2,67	2,67	1	1,67	1,67	1,67
T1N3	2,33	1	1,33	1	1,33	1
T2N1	4	1	2	1,33	2	1,33
T2N2	4	2	2	1	2,67	1
T2N3	4	2,67	1	1	1	1
T3N1	2,67	2,67	1,67	1	1,67	1
T3N2	2,67	1,66	1	1	1,33	1
T3N3	2,33	1,33	1	1	1	1

Nota: Las escalas usadas fueron las siguientes

Dureza: 1=muy dura, 2= dura, 3= ligeramente dura, 4= ligeramente consistente y 5= suave.

Grumosidad: 1=muchos grumos, 2= pocos/ligeros grumos y 3= sin grumos

Plasticidad: 1=quebradiza, 2= ligeramente quebradiza/poco plástica y 3= plástica

El resultado ideal esperado es la obtención de una manteca suave, sin grumos y plástica.

La consistencia muy firme en las mantecas se presenta por una composición incorrecta de materia prima, poco trabajo mecánico después del enfriamiento y los resultados de SFC más elevados de lo especificado (O'Brien, 2004). Los resultados obtenidos en la tabla 16 muestran que, para la mayor parte de tratamientos, la textura está en un promedio entre dura y ligeramente dura. Sin embargo, los tratamientos T2N1, T2N2 y T2N3 son ligeramente consistentes, siendo los valores más elevados en el día 1. Los tratamientos T1N2, T2N3 y T3N1 alcanzaron una media de 2,67 a los 130 días, obteniendo una estructura dura y ligeramente dura, comparado con los demás tratamientos.

La mayoría de los tratamientos presentaron una gran cantidad de grumos, excepto los tratamientos T2N1 y T2N2 los cuales mostraron pocos y ligeros grumos. Las apariciones de grumos en las mantecas pueden ser causadas por la temperatura de enfriamiento o por su pre-cristalización. Este problema de consistencia se evidencia por el desarrollo de partículas grandes y duras (O'Brien, 2004). Por otro lado, la mayor parte de los tratamientos manifestaron una textura quebradiza en la escala de plasticidad. Sin embargo, los tratamientos T2N1 y T2N2 mostraron una textura ligeramente quebradiza y poco plástica con una media de 2. La gran mayoría de tratamientos presentaron muchos grumos y una textura quebradiza a los 130 días, excepto los tratamientos T1N2 y T2N1, los cuales obtuvieron una media de 1,67 y 1,33, respectivamente, para la escala de grumosidad y plasticidad. O'Brien (2004) nombra algunas razones por las cuales las mantecas pueden presentar su consistencia quebradiza. Se puede destacar la pre-cristalización de las materias primas, un inadecuado enfriamiento del aceite semilíquido al momento de su elaboración, la mezcla de varias corrientes en la unidad de refrigeración el cual se encuentra a diferentes temperaturas.

5.2.3. Análisis estructural de cristales

A cada tratamiento con su respectiva repetición se realizó un análisis de cristales en un microscopio trinocular con luz polarizada. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 11,12 y 13.

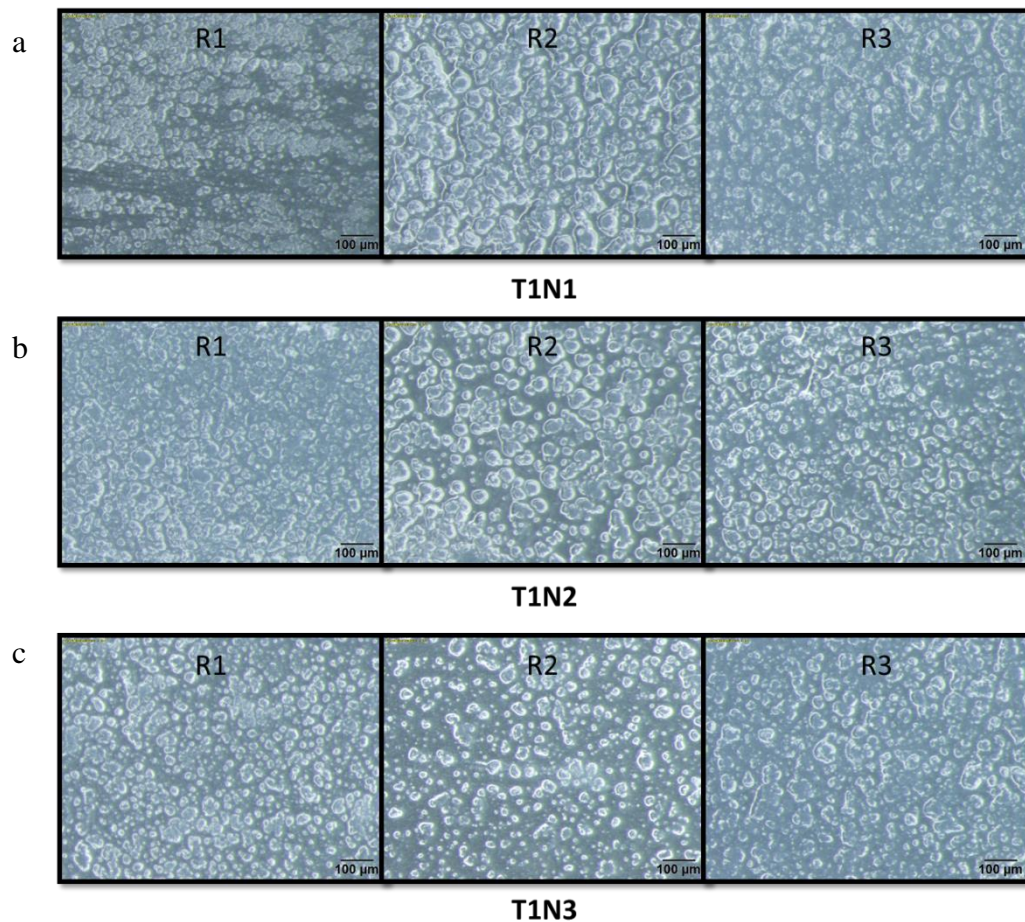


Figura 11. Análisis de cristales de la manteca elaborada usando estearina de palma con aceite de palma y (a) 0% de aceite de palma completamente hidrogenado, (b) 1% de aceite de palma completamente hidrogenado, (c) 3% de aceite de palma completamente hidrogenado con sus respectivas repeticiones.

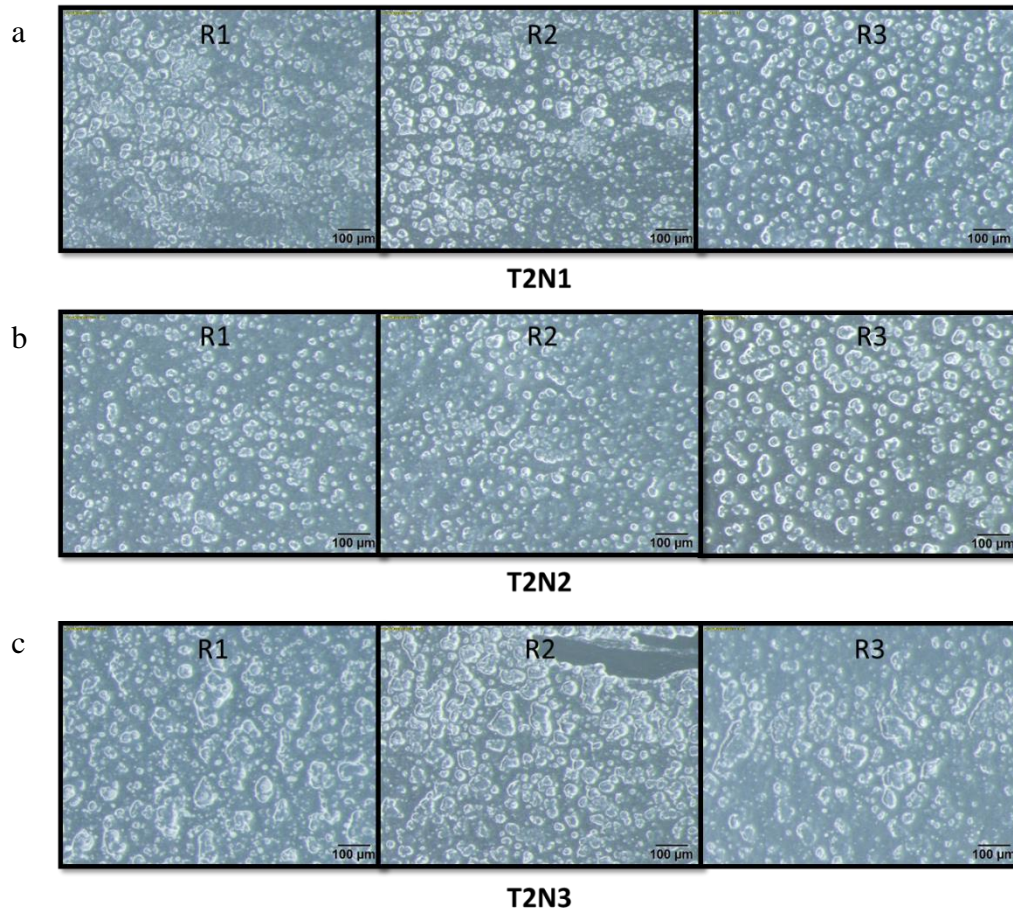


Figura 12. Análisis de cristales de la manteca elaborada usando aceite de palma híbrida con estearina de palma y (a) 0% de aceite de palma completamente hidrogenado, (b) 1% de aceite de palma completamente hidrogenado, (c) 3% de aceite de palma completamente hidrogenado con sus respectivas repeticiones.

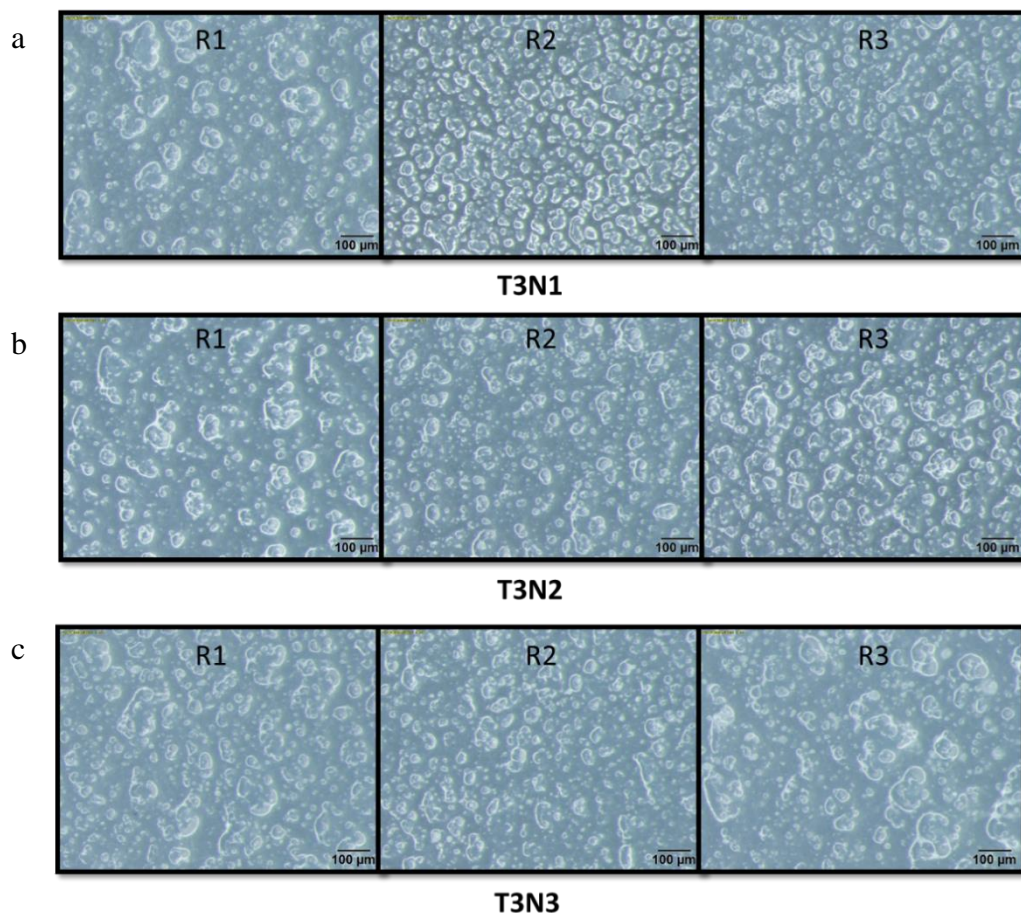


Figura 13. Análisis de cristales de la manteca elaborada usando aceite de palma híbrida con estearina de palma híbrida y (a) 0% de aceite de palma completamente hidrogenado, (b) 1% de aceite de palma completamente hidrogenado, (c) 3% de aceite de palma completamente hidrogenado con sus respectivas repeticiones.

Visualmente, cada tratamiento muestra diferencias. Los cristales de la figura 11 no poseen forma circular, además tiene un gran tamaño generando mayor compactación en la muestra. Existen diferencias en cada concentración, a medida que se aumentó la cantidad del aceite de palma completamente hidrogenado; el tamaño de los cristales empezó a reducirse. Sin embargo, su forma sigue siendo deforme.

Por otro lado, los cristales de la figura 12 son pequeños pero su gran mayoría presenta círculos casi perfectos, no existe un mayor agrupamiento entre sí. A pesar de esto, en el tratamiento con concentración de 1% de aceite de palma completamente hidrogenado, en todas sus repeticiones, existen cristales redondos, comparado con el 3% de concentración en la que los cristales tienden a perder su forma.

Finalmente, los cristales del último tratamiento de la figura 13 no son circulares, sin embargo, se encuentran dispersos, pero cuentan con un tamaño medio. El tratamiento sin aceite de palma completamente hidrogenado muestra algunos cristales en forma de círculos en sus repeticiones, comparado con la concentración de 1% y 3% de promotor de cristalización donde se observan un cambio en los cristales, aumentando su tamaño considerablemente y reduciendo los cristales en forma circular.

Marangoni (2004) señala que los cristales de grasa pueden tener grandes efectos en las propiedades físicas de la manteca como en su punto de fusión y consistencia. Además, depende de la distribución de los ácidos grasos, el tipo de lípidos presentes, y sus condiciones de cristalización (temperatura, velocidad de enfriamiento, cizallas, etc.).

Las diferencias entre las repeticiones de cada tratamiento pueden darse por un aumento en el sobreenfriamiento causado en ciertas zonas de la manteca, dando lugar a una disminución en su nucleación. Litwinenko, Rojas, Gerschenson y Marangoni (2001) recalcan que este fenómeno se da por las energías libres de nucleación. A mayor grado de sobreenfriamiento, la barrera de la nucleación desciende, por ende, los sucesos de nucleación ocurren fácilmente. Por tal motivo los cristales son numerosos y pequeños.

La temperatura de cristalización es uno de los parámetros más importantes ya que tiene influencia en cristalización de los lípidos. Sin embargo, la velocidad de mezcla ayuda a promover la nucleación y el crecimiento de los cristales; una velocidad alta genera una cristalización alta, por ende, existe una formación de pequeños cristales (Shahidi, 2005). A pesar de que todos los tratamientos fueron realizados bajo las mismas condiciones de temperatura y velocidad de mezcla, estas presentaron diferencias en los tratamientos y en las repeticiones. Existe la posibilidad de que la adición del promotor de cristalización haya generado estas diferencias. Shahidi (2005) indica que la cristalización de las grasas puede ser promovida al agregar un material de semilla sólido. La adición de estas semillas puede fomentar una nucleación adicional o generar un área para el crecimiento de cristales adicionales.

El aceite de palma y sus fracciones pueden proveer de consistencia y textura a las mantecas sin tener que hidrogenarlas, además actúa como promotor de cristales beta prima en las mantecas. La estearina de palma tiene tendencia al cristal beta prima ayudando en la consistencia de la manteca durante la fluctuación de la temperatura en el almacenamiento y transporte (Lai et al., 2015).

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Los análisis fisicoquímicos que se realizaron a las materias primas (estearina de palma, estearina de palma híbrida, aceite de palma, aceite de palma híbrida, palmiste, soja y aceite de palma completamente hidrogenado) y mantecas fueron el índice yodo, punto de fusión, contenido de grasa sólida y perfil de ácidos grasos. Los resultados obtenidos demostraron que se cumplió con los parámetros establecidos por la empresa Danec S.A.

Mediante el uso del penetrómetro se realizó el análisis de dureza a las mantecas en el día 1 y día 130. Para el día 1 de análisis, el tratamiento T2N2 ($6,60 \text{ N} \pm 0,3$) presentó una mayor dureza, mientras que los tratamientos T2N3 ($6,22 \text{ N} \pm 0,16$) y T1N2 ($6,22 \text{ N} \pm 0,15$), obtuvieron una menor dureza comparado con el resto de los tratamientos. Por otro lado, para el día 130, el valor de dureza es mayor en el tratamiento T3N3 ($15,09 \text{ N} \pm 0,04$), mientras que los tratamientos T2N3 ($10,95 \text{ N} \pm 0,25$) y T3N1 ($9,55 \text{ N} \pm 0,30$) muestran los valores más bajos comparados con el resto de los tratamientos. Así, es favorable el tratamiento T3N1 por presentar el valor más bajo de dureza, lo que indica mayor suavidad en la manteca. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula ya que el promotor de cristalización no mejora la consistencia y plasticidad de las mantecas. Sin embargo, el uso de palma híbrida ayudaría a obtener mantecas con mejores características, sin la necesidad de incorporar el aceite de palma completamente hidrogenado.

Se realizaron análisis descriptivos en las mantecas (dureza, grumosidad y plasticidad), comparando el día 1 y el día 130, con la ayuda de personal entrenado de la empresa. Los tratamientos T2N1, T2N2 y T2N3 son ligeramente

consistentes en el día 1, siendo los valores más elevados. Los tratamientos T1N2, T2N3 y T3N1 alcanzaron una media de 2,67 a los 130 días, obteniendo una estructura dura y ligeramente dura, comparado con los demás tratamientos. La mayoría de los tratamientos presentaron una gran cantidad de grumos, excepto los tratamientos T2N1 y T2N2 los cuales mostraron pocos y ligeros grumos en el día 1. La gran mayoría de tratamientos presentaron muchos grumos y una textura quebradiza a los 130 días, excepto los tratamientos T1N2 y T2N1, los cuales obtuvieron una media de 1,67 y 1,33, respectivamente, para la escala de grumosidad y plasticidad.

Para la formulación de estearina de palma con aceite de palma, se obtuvieron cristales deformes. A medida que se adicionó el promotor de cristalización (aceite de palma completamente hidrogenado), el tamaño de los cristales se redujo, pero mantuvieron su deformidad. Por otro lado, en la formulación de estearina de palma con aceite de palma híbrida, se consiguieron cristales pequeños en forma circular, sin un mayor agrupamiento entre sí. A partir de la adición del promotor de cristalización, se empezó a perder la forma circular. Finalmente, en la formulación de estearina de palma híbrida con aceite de palma híbrida, se encontraron cristales dispersos y con un tamaño medio. Una vez colocado el promotor de cristalización el tamaño de los cristales aumentó notoriamente y disminuyó su forma circular.

6.2. Recomendaciones

Para futuros estudios se recomienda realizar otros métodos para la determinación de la estructura de cristales en las mantecas como: la difracción de rayos X, espectroscopía infrarroja, resonancia magnética nuclear y calorimetría diferencial de barrido.

Se recomienda realizar los análisis de consistencia y de estructura de cristales en los días 1, 60 y 120, para verificar los posibles cambios en las mantecas fabricadas.

También se recomienda, el uso de otros métodos para la determinación de la dureza en las mantecas, como el penetrómetro de cono para comparar con la literatura que se encuentra relacionada a la dureza.

Se recomienda estudiar la influencia de otros promotores de cristalización como el aceite de soja completamente hidrogenado.

Además, se recomienda estudiar la reología de las mantecas utilizando un reómetro.

REFERENCIAS

- Agüero, S. D., García, J. T., & Catalán, J. S. (2015). Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: características y propiedades. *Nutrición hospitalaria*. doi:10.3305/nh.2015.32.1.8874
- Aini, I. N., & Miskandar, M. S. (2007). Utilization of palm oil and palm products in shortenings and margarines. *109(4)*. doi:10.1002/ejlt.200600232
- Argüeso, A., Díaz, D. J., Díaz, P. J., Rodríguez, G. A., & Castro, M. M. (2011). Lípidos, colesterol y lipoproteínas.
- Arias, R. C., Yamasaki, J. C., & Solórzano, M. M. (2015). Optimización del sistema de enfriamiento de producción de agua helada del proceso de fraccionamiento de aceite de palma de Compañía Numar.
- Badui, S. D. (2012). *La ciencia de los alimentos en la práctica* (Primera edición ed.). México: PEARSON.
- Badui, S. D. (2020). *Química de los alimentos* (Quinta Edición ed.). PEARSON.
- Bannwart, A. (2013). *Margarine Technology*. Dupont.
- Borja, C. F. (s.f.). Palma Africana *Elaeis guineensis* Jacq. *Edifarmgrupo*. Recuperado el 20 de abril de 2020, de https://quickagro.edifarm.com.ec/pdfs/manual_cultivos/PALMA%20AFRICANA.pdf
- Borrero, C. A. (s.f.). Cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.).
- Calvo, M. (2010). *Fraccionamiento de estearina de palma a nivel de planta piloto en la empresa Industrias del Espino S.A.* Recuperado el 07 de agosto de 2020, de <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/264/FIA-185.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cassiday, L. (2017). Aceite de palma rojo. *Palmas*, 38(3).
- Chakrabarty, M. (2003). *Chemistry and Technology of Oils & Fats*. ALLIED.

- Chavarro, C. F., Lozano, M. E., Coronado, A. C., Ochoa, E. I., & Coronado, Y. M. (2015). Caracterización molecular de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq., procedente de diferentes orígenes (Zaire y Camerún) usando marcadores microsatélites. doi:10.15446/acag.v65n3.48413
- Constante, E. G. (2012). *Los aceites y grasas: refinación y otros procesos de transformación industrial* (Primera ed.).
- Cortés, P. G., Fuente, M. Á., & Juárez, M. (2019). Trans fatty acids and conjugated linoleic acid in food: origin and biological properties. *Nutrición hospitalaria*. doi:10.20960/nh.2466
- Danec S.A. (s.f.). Recuperado el 17 de marzo de 2020, de <https://www.danec.com/quienes-somos/>
- Delange, D. M. (2006). Obtención y determinación de ácidos grasos de muy elevada masa molecular. *CENIC Ciencias Químicas*, 37(1).
- Delgado, W., Echeverry, L. F., & Suárez, S. R. (2004). Caracterización fisicoquímica del aceite de palma crudo proveniente de diferentes materiales genéticos y de dos zonas geográficas de Colombia. *Palmas*, 25.
- Devi, A., & Khatkar, B. S. (2016). Physicochemical, rheological and functional properties of fats and oils in relation to cookie quality: a review. *J Food Sci Technol*. doi:10.1007/s13197-016-2355-0
- Escudero, F. R., Dayer, L. P., Mendoza, E. B., Saavedra, L. C., & Escudero, M. R. (2016). Perfil de ácidos grasos de aceite de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) en comparación con otros aceites vírgenes comestibles.
- FAO. (2012). Grasas y ácidos grasos en nutrición humana. Recuperado el 20 de mayo de 2020, de <http://www.fao.org/3/i1953s/i1953s.pdf>
- Fennema, O. R., & Tannenbaum, S. R. (2019). *Química de los alimentos* (tercera ed.). Acriba.

- Figuroa, F. R., Moreno, F., Casignia, G. Á., Isla, L. H., & Mora, M. L. (2017). Incidencia, progresión e intensidad de la Pudrición del Cogollo de *Elaeis guineensis* Jacq. en San Lorenzo, Ecuador. *SciELOx*, 44(1).
- García, L. C., Tuñón, M. A., & González, M. P. (2015). Influencia de los ácidos grasos poliinsaturados en la prevención y promoción del cáncer. *Nutrición hospitalaria*. doi:10.3305/nh.2015.32.1.8721
- Ghotra, B. S., Dyal, S. D., & Narine, S. S. (2002). Lipid shortenings: a review. *ELSEVIER*.
- Gibon, V., Greyt, W. D., & Kellens, M. (2007). Palm oil refining. *European Journal of Lipid Science and Technology*. doi:10.1002/ejlt.200600307
- González, D. H., & Visentin, B. S. (2016). Nutrients and neurodevelopment: Lipids. Update. doi:10.5546/aap.2016.472
- González, R. C. (2014). *Obtención de aceites de oliva refinados*. IC.
- Gunstone, F. D. (2011). *Vegetable Oils in Food Technology* (Segunda ed.). Wiley- BlackWell. Recuperado el 08 de mayo de 2020, de https://books.google.com.ec/books?id=lnk2tdo8_P4C&hl=es&source=gb_s_navlinks_s
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2015). Manual del Cultivo de la Palma Aceitera. Recuperado el 15 de junio de 2020, de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3871/1/iniapesdmt102.pdf>
- Jirasubkunakorn, W., Bell, A., Gordon, M., & Smith, K. (2007). Effects of variation in the palm stearin: Palm olein ratio on the crystallisation of a low-trans shortening. *103(2)*.10.1016/j.foodchem.2006.08.034
- Karabulut, I., Turan, S., & Ergin, G. (2004). Effects of chemical interesterification on solid fat content and slip melting point of fat/oil blends. *European Food Research and Technology*. doi:10.1007/s00217-003-0847-4

- Karasulu, E., Büyükhelvacıgil, M., Yıldız, M., Ertugrul, A., Büyükhelvacıgil, K., Ustün, Z., & Gazel, d. N. (2011). Soybean Oil: Production Process, Benefits and Uses in Pharmaceutical Dosage Form. *InTech*, 286. Recuperado el 12 de junio de 2020, de https://pdfs.semanticscholar.org/1113/0500a5e4bfa540c248150666cb2a9613d261.pdf?_ga=2.69528788.51879041.1587970331-660008260.1579845261
- Kifli, H., & Sudin, N. A. (1993). Usos nuevos y potenciales del aceite de palma. *Palmas*, 14.
- Lafont, J. J., Durango, L. C., & Aramendiz, H. (2014). Estudio químico del aceite obtenido a partir de siete variedades de soya (Glycinemax L.). *Scielo*, 25(2). doi:10.4067/S0718-07642014000200009
- Lai, O.-M., Tan, C.-P., & Akoh, C. C. (2015). *Aceite de palma : producción, procesamiento, caracterización y usos*. AOCS. Recuperado el 28 de julio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=6uRxCgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Lakum, R., & Sonwai, S. (2018). Production of trans-free margarine fat by enzymatic interesterification of soy bean oil, palm stearin and coconut stearin blend. *International Journal of Food Science and Technology* . doi:10.1111/ijfs.13888
- Lawson, H. (1994). *Aceites y grasas alimentarios: tecnología, utilización y nutrición*. Zaragoza: Acriba.
- Leal, R. E. (2014). *Perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases*. Recuperado el 27 de 04 de 2020, de <http://www.microlabindustrial.com/blog/perfil-de-acidos-grasos-por-cromatografia-de-gases>
- Litwinenko, J. W., Rojas, A. M., Gerschenson, L. N., & Marangoni, A. G. (2001). The Relationship between Crystallization Behaviour , Microstructure and

Mechanical Properties in a Palm Oil-based Shortening. *International Palm Oil Congress (Chemistry and Technology)*.

- López, F. (2019). Informe de comercio exterior de aceites y grasas del Ecuador. *ANCUPA*. Recuperado el 25 de junio de 2020, de <http://www.ancupa.com/wp-content/uploads/2019/11/INFORME-ANCUPA-HASTA-OCTUBRE-2019.pdf>
- López, J. A. (2019). Evaluación de la reutilización de tierras provenientes de la etapa de blanqueo en la refinación del aceite de palma. Recuperado el 10 de abril de 2020, de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7403/1/6132120-2019-1-IG.pdf>
- Marangoni, A. G. (2004). *Fat Crystal Networks*. CRC Press. Recuperado el 26 de mayo de 2020, de https://books.google.com.ec/books?id=B3-seHLW4gYC&dq=crystallography+alejandro+g.+marangoni&source=gbs_navlinks_s
- Meléndez, M. R., & Ponce, W. P. (2016). Polinización en las palmas de aceite *Elaeis guineensis*, *E. oleifera* y sus híbridos (OxG), en América tropical. *Scielo*, 46(1). doi:10.1590/1983-40632016v4638196
- Mert, B., & Demirkesen, I. (2015). Reducing Saturated Fat with Oleogel/Shortening Blends in a Baked Product. *Food Chemistry*. doi:10.1016/j.foodchem.2015.12.087
- Nam, K. H. (2020). Shortening injection matrix for serial crystallography. *Scientific Reports*. doi:10.1038/s41598-019-56135-1
- Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 32. (2012). Grasas de palmiste. Requisitos.
- O'Brien, R. D. (2004). *Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications* (Segunda ed.).
- Pantzaris, T., & JaaffarAhmad, M. (2002). Propiedades y usos del aceite de palmiste. *PALMAS*, 23(3).

- Pons, G. A. (2015). Aceites vegetales, hacia una producción sostenible. *El hombre y la máquina*(46). Recuperado el 27 de abril de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/478/47843368002.pdf>
- Ramos, K. M. (2019). Obtención y extracción de aceites vegetales. Recuperado el 30 de julio de 2020, de <http://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/3861/MONOGRAF%20c3%8dA%20-%20ROJAS%20RAMOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Ribeiro, A. P., Masuchi, M. H., Miyasaki, E. K., Domingues, M. A., Stroppa, V. L., Oliveira, G. M., & Kieckbusch, T. G. (2014). Modificadores de cristalización en sistemas lipídicos. *J Food Sci Technol*. doi:10.1007 / s13197-014-1587-0
- Rincón, S. M., & Martínez, D. M. (2009). Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria. *30*(2). Recuperado el 18 de abril de 2020, de <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1432/1432>
- Rodríguez, P. B. (2007). Diseño de una planta piloto de refinación de aceites vegetales. Recuperado el 03 de marzo de 2020, de <https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/6391/33287107.pdf;jsessionid=EDFCCFB6E8DCBA79908DAE7FC6E0B7AB?sequence=1>
- Romero, R. M., Quintero, R. M., & Hernández, J. B. (2014). Costos de producción en el proceso de extracción de aceite de palma: Estudio de un caso. *Revista de Ciencias Sociales*(1). Recuperado el 14 de junio de 2020, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28030334007>
- Serrano, M. H., & Calle, V. V. (2014). Lípidos: características principales y su metabolismo. *41*. Recuperado el 25 de junio de 2020, de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56573121/v41_a04.pdf?1526401093=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DRevista_de_Actualizacion_Clinica_

Volumen.pdf&Expires=1594614870&Signature=emF3jhDG0filboUQWia
Y7F5vlsy0rrVRPnT~8z3-ubklg5Qz-rF8ojiBgh7y

- Shahidi, F. (2005). *Bailey's industrial oil and fat products* (Sixth ed.).
- Sotaminga, Y. S., Tapia, I., & Garzón, M. (2011). Cristalización y Plastificación de Margarina Industrial para Panificación. *Química Centra*, 2(1).
- Sotero, D. G., Águila, J. S., Ramírez, R. S., Reátegui, G. C., Ríos, J. A., Solís, V. S., Filho, J. M. (2008). Fraccionamiento e interesterificación del aceite de palma (*Elaeis guineensis*) cultivado en la amazonia peruana. *Grasas y aceites*, 59(2).
- United States Department of Agriculture. (2020). Oilseeds: World Markets and Trade. *United States Department of Agriculture*. Recuperado el 23 de julio de 2020, de <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/tx31qh68h/vt151125j/44558w98r/oilseeds.pdf>
- Velásquez, G. (2006). *Fundamentos de alimentación saludable* (Primera ed.). Universidad de Antioquia.
- Voet, D., Voet, J. G., & Pratt, C. W. (2007). *Fundamentos De Bioquímica*. 235.
- Widlak, N. (1999). *Physical Properties of Fats, Oils, and Emulsifiers*. Champaign: AOCS PRESS.
- Zábala, C. C., Torres, B. C., & Zárat, M. V. (2016). Fat and oils: Effects on health and global regulation. *Scielo*.
doi:10.15446/revfacmed.v64n4.53684

